



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**Bioimpedância como ferramenta de análise da composição corporal
de Piava, *Leporinus obsutidens***

Dissertação Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Como Requisito à Obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Evoy Zaniboni Filho

Túlio Barbosa Arantes

**Florianópolis
2014**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Barbosa Arantes, Túlio

Bioimpedância como ferramenta de análise de composição corporal de piava, *Leporinus obtusidens* / Túlio Barbosa Arantes ; orientador, Evoy Zaniboni-Filho - Florianópolis, SC, 2014.

45 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Bioimpedância. 3. Aquicultura. 4. Composição corporal. 5. *Leporinus obtusidens*. I. Zaniboni-Filho, Evoy. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Bioimpedância como ferramenta de análise da composição corporal
de piava, *Leporinus obtusidens***

Por

TÚLIO BARBOSA ARANTES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Dr. Evoy Zaniboni Filho – *Orientador*

Dra. Débora Machado Fracalossi

Dr. Giuliano Palemão Carlos Maia Huergo

Dr. Vinícius Ronzani Cerqueira

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Marcus e Elvira, pela atenção, amor e carinho incondicional! Sempre me incentivaram a seguir meus sonhos e com todas as dificuldades, sempre me apoiando em tudo. Ao meu irmão Diogo e ao Padrinho Marden que mesmo à distância sempre me apoiaram desde pequeno nessa vida de “cientista”!

A Deus pelas oportunidades que me proporciona e sempre em paz, com saúde, uma linda família e excelentes amizades!

A toda minha família, em especial as minhas avós Carmem e Nini por todas as velas e orações que sempre me protegem e guiam e aos meus avós e mestres Juvêncio e Lenine, que foram quem me despertaram a paixão pela natureza e a curiosidade de pesquisador.

Ao meu Orientador Evoy Zaniboni Filho! Primeiramente pela oportunidade de ingressar em uma área antes pouco conhecida. Pela atenção de sempre, muitos ensinamentos, boas conversas e claro pela amizade.

A minha supervisora e “orientadora” Samara Hermes Silva! Sempre estando do meu lado em todos os projetos, muitos ensinamentos, boas ideias, broncas na hora certa, boas risadas e principalmente pela amizade!

A toda a equipe e amigos do LAPAD/UFSC, Prof. Dr. Alex, Prof. Dr. Débora, Claudinha, Renata, Davi, Giuliano, Luciano, Fernando, Marquito, Ana Paula, Patrick, Maurício, Ronaldo, Pedrão, Cezinha, Neto, Seu Edézio, Margarete e Margarida que contribuíram de alguma forma no trabalho.

Aos amigos e amigas que fiz nesses dois anos de muitas alegrias. Moisés, Carioca, Léo, Artur, Cornélio, Lula, Rafael, Rick, Juliano, Vitor, Guga, Sun, Doug, Augusto, Jhon, Lucas, David, Tico, Jaque, Jade, Kátia, Val, Ana, Ana Rosa, Natyta, Bia, Linoca, Simoni, Miriam e Aninha que sempre estiveram comigo em bons momentos. Em especial a minha companheira e “irmã” Mari, que além de parceria de trabalhos, sempre esteve comigo, me aguentando durante estes dois anos!

Aos colegas e demais professores do Programa de Pós Graduação em Aquicultura da UFSC, que sempre contribuíram para minha formação. Ao Carlito Aloisio Klunk, sempre auxiliando nas “burocracias e tramites”.

Ao apoio financeiro da CAPES, REUNI, CNPq, FAPESC e Tractebel Energia, pelas bolsas concedidas e recursos para a execução do trabalho.

“Não sei onde eu to indo
Mas sei que eu to no meu caminho!”
(Raul Seixas)

Resumo

Dentre as técnicas utilizadas para avaliar a composição corporal de peixes, tornam-se interessantes aquelas que conseguem associar baixo custo, viabilidade, segurança e o fato de ser não letal. Uma técnica de destaque é a Bioimpedância (BIA), que consiste na medida da resistência de um fluxo de corrente elétrica aplicada sobre o tecido animal. O trabalho buscou testar e validar a técnica de bioimpedância como forma de análise da composição corporal de piava, *Leporinus obtusidens*. Quarenta e cinco indivíduos de tamanho médio de 25,5 cm e peso médio de 174,4 g foram cultivados numa densidade de 0,022 peixes/L, divididos em dois grupos com distintos manejos alimentares: TA - Alimentação diária com ração elaborada a 2% da biomassa total divididos em três alimentações e TNA - Sem alimentação durante todo o experimento. Os indivíduos foram analisados quimicamente, incluindo umidade, proteína bruta, lipídios totais e cinzas e elaborados modelos de equação de regressão com os dados de bioimpedância. O crescimento em peso e comprimento e os valores médios de todos os parâmetros das análises químicas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Foram geradas equações lineares de ajuste para utilização da técnica como ferramenta de análise corporal para a espécie. Altos níveis de correlação entre a análise de Bioimpedância e as análises químicas tradicionalmente utilizadas foram encontrados, notadamente para Umidade, Proteína Bruta e Extrato Etéreo, validando a técnica para a espécie.

Palavras chave: Aquicultura; composição química, correlação

Abstract

Among the techniques used to assess body composition of fish, it become interesting the ones who can associate low cost, feasibility, safety and to be a non-lethal method. One of these methods is the bioimpedance technique (BIA), which measures the resistance to a electrical current applied to an animal tissue. The study seeks to test and validate BIA technique as a way to analyze body composition of the piava *Leporinus obtusidens*. Forty-five fish with average size of 25.5 cm and a mean weight of 174.4 g were cultured at a density of 0,022 fish/L, divided into two groups with different feeding strategies: TA - daily feeding with 2% of total biomass divided into three feedings a day; and TNA - No feeding throughout the experiment. Individuals were chemically analyzed, including moisture, crude protein, crude fat and ash, and regression models equations with data from bioimpedance and proximate analyses were elaborated. The increase in weight and length and the average values of all parameters of proximate analyses showed significant differences between treatments. Linear adjustment equations were generated to permit the use of the technique as a tool to analyze body composition of the species. High levels of correlation between bioimpedance analysis and proximate analysis traditionally used were found, especially for moisture, crude protein and crude fat, validating the technique for the species.

Key Words: Aquaculture, chemical composition, correlation

Sumário

Introdução Geral	15
Métodos de Análise	15
Bioimpedância	16
Objetivo Geral	18
Objetivos específicos	18
Capítulo I - Bioimpedância como ferramenta de análise da composição corporal de Piava, <i>Leporinus obsutidens</i>	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAIS E MÉTODOS	23
Procedimento de Cultivo	23
Procedimento de Análise BIA	25
Princípios da Bioimpedância	26
Análise Química	26
Análise Estatística	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
Análise de Crescimento	27
Análise de Composição Corporal	28
Análise de Bioimpedância	29
CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35
Referências da Introdução Geral	38
Anexo I	41
Anexo II	42
Anexo III	44

Introdução Geral

O aumento da produção aquícola mundial e a presença de um consumidor cada vez mais exigente, faz com que aumente a importância dos aspectos de biossegurança, sustentabilidade e qualidade da produção aquícola. Combinados com uma maior consciência e altas expectativas de qualidade do produto, surgem complexos desafios de enfrentar a indústria em termos de padronização do produto, mantendo a rentabilidade da produção. Assim, torna-se cada vez mais necessário definir padrões de qualidade para produção, levando em consideração as propriedades físico-químicas da carne de peixe, a composição e o valor nutricional, os quais podem ser influenciados por uma ampla variedade de fatores bióticos e abióticos (KESTIN e WARRISS, 2001).

Melhorias no rendimento de carne (quantidade de carne vendável/peso do animal inteiro) e composição (gordura, proteína, umidade) através de cruzamentos seletivos têm aumentado a eficiência de produção e lucratividade em muitas indústrias pecuárias (LASLEY, 1987). A seleção para maior rendimento e diminuição de gordura poderia beneficiar também a indústria de criação de peixes. A seleção para as características de carcaça, no entanto, é prejudicada porque a medição direta das características é cara, demorada e requer que o peixe seja sacrificado. O desenvolvimento de métodos precisos, rápidos, econômicos e não destrutivos para predizer o rendimento e composição da carcaça melhoram a eficiência de seleção para essas características em peixes (BOSWORTH e WOLTERS, 2001).

Métodos de análise

Alguns métodos químicos são utilizados para avaliar a composição corporal de peixes, entre eles análise de umidade, matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, porém alguns produtores não possuem acesso às instalações laboratoriais e aos equipamentos caros que essas técnicas exigem. Além disso, análises químicas de composição sacrificam os animais, são demoradas e usam produtos químicos nocivos. Vários outros métodos têm sido propostos para avaliar a composição corporal dos animais de criação (DUNCAN et al., 2007).

Tecnologias para análise da composição corporal devem avaliar estratégias de alimentação, tratamentos alimentares e até características de carcaça. Estas tecnologias devem ser baratas, seguras, viáveis e de preferência não letais para os peixes.

Métodos de impedância elétrica têm sido utilizados desde a década de 1920 para avaliar o teor de carne magra e gordura em suínos (CALLOW, 1936). A Condutividade Elétrica Total do Corpo, ou sistema TOBEC, tem sido utilizada para determinar a composição corporal de várias espécies (BAI et al., 1994). Porém, o sistema TOBEC é caro, utiliza equipamentos de grande porte e capaz de analisar apenas amostras de tamanho relativamente pequeno.

Bioimpedância

Uma boa alternativa para a análise da composição corporal de animais vivos é a técnica da Bioimpedância (BIA), utilizada para estimar o total de água corporal em seres humanos desde 1970 e tem sido cada vez mais utilizado para aplicações clínicas (KUSHNER et al. 1992; KOTLER et al. 1996; Kyle et al 2004) e mais recentemente também tem sido utilizada com sucesso para examinar a composição em vários grupos animais, incluindo ovelhas, gambás, suínos e bovinos (HWANG et al., 2005; BERG et al., 1996.; JOHNS et al., 1992; SWANTEK et al., 1992).

A técnica consiste na medida da resistência de um fluxo de corrente elétrica aplicada sobre o tecido animal. Baseia-se no princípio de que a impedância em um sistema geométrico simples é uma função do comprimento do condutor, a sua área de secção transversal e a frequência do sinal aplicado (HOFFER et al., 1969; LUKASKI et al., 1985; KUSHNER et al., 1992; KYLE et al., 2004).

A teoria da BIA assume que a água oferece menos resistência à corrente elétrica do que os lipídeos, isto é, quanto maior a resistência, quantidades mais elevadas de lipídeos ou de materiais não condutores, tais como o osso, são encontradas (LUKASKI et al., 1985; JACKSON et al., 1988; KYLE et al., 2004). A reactância fornece uma medida do volume de capacitância da membrana celular e, em teoria, não é afetado pela quantidade de gordura no corpo (LUKASKI et al., 1985). As membranas celulares são constituídas por uma bicamada lipídica não condutora embalada entre duas camadas de proteína condutoras. A membrana celular atua como um condensador (capacitor), fazendo com que fique armazenada energia num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica. Em altas frequências, o armazenamento é insignificante e a corrente passa diretamente através da membrana sem uma mudança de tensão (LIEDTKE, 1997). BIA utiliza baixas tensões e altas frequências que permite que a corrente elétrica passe através dos fluidos extracelulares, mas não através das membranas celulares.

Os tecidos animais oferecem dois tipos de resistência (R) a uma corrente eléctrica: R capacitivo (reactância), e R resistivo (resistência). A reactância surge a partir de membranas de células, e a resistência a partir do líquido extra e intracelular. Impedância é o termo usado para descrever a combinação das duas resistências. A relação entre reactância e resistência é interessante porque reflete diferentes propriedades eléctricas dos tecidos que são afetados de diversas maneiras por doença, estado nutricional e a hidratação do indivíduo (KYLE et al., 2004).

Medidas da BIA podem ser correlacionadas com as medidas da composição corporal centesimal sendo que equações de calibração podem ser desenvolvidas para prever a composição corporal centesimal (KUSHNER et al., 1992; KYLE et al., 2004; COX e HARTMAN, 2005). Essa ferramenta pode ter grande utilidade na avaliação nutricional comparativa de populações de peixes, ou ainda, na avaliação temporal para diagnosticar o efeito causado por alterações naturais ou antrópicas sobre uma determinada população de peixes. Essa mesma metodologia pode ser utilizada na aquicultura, onde produtores poderão monitorar a qualidade do pescado produzido para o mercado consumidor.

A capacidade de quantificar a composição corporal de peixes, como o teor de energia, beneficia tanto a gestão da pesca quanto investigações ecológicas (ROTTIERS e TUCKER, 1982; HENDERSON et al., 1996; HURST e CONOVER, 2003). Essa informação pode ser usada para descrever o fluxo de energia entre e dentro das populações e avaliar um indivíduo ou uma população frente a respostas às alterações ambientais (PAINE, 1971; LUDSIN e DEVRIES, 1997; MADENJIAN et al., 2000). Da mesma forma, as medidas de conteúdo energético podem fornecer informações sobre o estado fisiológico de um peixe, o que pode refletir a sua condição para a hibernação, a migração ou a desova (ROTTIERS e TUCKER, 1982; SHEARER, 1994; LUDSIN e DEVRIES, 1997).

Existe uma lacuna de informação, sem dúvida, devido ao custo e tempo necessário para quantificar o conteúdo energético com as abordagens tradicionais de laboratório (VONDRACEK et al., 1996; LANTRY et al., 1999). Além disso, segundo Pothoven et al. (2008), os métodos tradicionais utilizados para avaliar o teor de energia de peixe exigem que estes sejam sacrificados e dessa forma, essas abordagens não podem ser usadas para quantificar o conteúdo de energia de um mesmo indivíduo ao longo do tempo, além de não serem apropriados para espécies de baixa abundância ou em perigo de extinção.

Objetivo Geral:

Validar a técnica de bioimpedância como forma de análise da composição corporal de piava *Leporinus obtusidens*.

Objetivos específicos:

Testar a utilização da técnica de Bioimpedância na piava *Leporinus obtusidens*

Definir a melhor localização de aplicação dos eletrodos para a espécie.

O artigo apresentado no Capítulo I será submetido para publicação na Revista Acta Scientiarum. Animal Sciences.

Capítulo I

Bioimpedância como ferramenta de análise da composição corporal de Piava, *Leporinus obtusidens*

Túlio Barbosa Arantes, Samara Hermes Silva, Mariana Roza de Abreu,
Evoy Zaniboni-Filho

Resumo

Dentre as técnicas utilizadas para avaliar a composição corporal de peixes, tornam-se interessantes àquelas que conseguem associar baixo custo, viabilidade, segurança e o fato de ser não letal. Uma técnica de destaque é a Bioimpedância (BIA), que consiste na medida da resistência de um fluxo de corrente elétrica aplicada sobre o tecido animal. O trabalho buscou testar e validar a técnica de bioimpedância como forma de análise da composição corporal de piava, *Leporinus obtusidens*. Quarenta e cinco indivíduos de tamanho médio de 25,5 cm e peso médio de 174,4 g foram cultivados numa densidade de 0,022 peixes/L, divididos em dois grupos com distintos manejos alimentares: TA - Alimentação diária com ração elaborada a 2% da biomassa total divididos em três alimentações e TNA - Sem alimentação durante todo o experimento. Os indivíduos foram analisados quimicamente, incluindo umidade, proteína bruta, lipídios totais e cinzas e elaborados modelos de equação de regressão com os dados de bioimpedância. O crescimento em peso e comprimento e os valores médios de todos os parâmetros das análises químicas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Foram geradas equações lineares de ajuste para utilização da técnica como ferramenta de análise corporal para a espécie. Altos níveis de correlação entre a análise de Bioimpedância e as análises químicas tradicionalmente utilizadas foram encontrados, notadamente para Umidade, Proteína Bruta e Extrato Etéreo, validando a técnica para a espécie.

Palavras chave: Aquicultura; composição química, correlação

Abstract

Among the techniques used to assess body composition of fish, it become interesting the ones who can associate low cost, feasibility, safety and to be a non-lethal method. One of these methods is the bioimpedance technique (BIA), which measures the resistance to a electrical current applied to an animal tissue. The study seeks to test and validate BIA technique as a way to analyze body composition of the piava *Leporinus obtusidens*. Forty-five fish with average size of 25.5 cm and a mean weight of 174.4 g were cultured at a density of 0,022 fish/L, divided into two groups with different feeding strategies: TA - daily feeding with 2% of total biomass divided into three feedings a day; and TNA - No feeding throughout the experiment. Individuals were chemically analyzed, including moisture, crude protein, crude fat and ash, and regression models equations with data from bioimpedance and proximate analyses were elaborated. The increase in weight and length and the average values of all parameters of proximate analyses showed significant differences between treatments. Linear adjustment equations were generated to permit the use of the technique as a tool to analyze body composition of the species. High levels of correlation between bioimpedance analysis and proximate analysis traditionally used were found, especially for moisture, crude protein and crude fat, validating the technique for the species.

Key Words: Aquaculture, chemical composition, correlation

INTRODUÇÃO

Dois métodos baseados na condutividade elétrica têm sido utilizados para a estimativa da composição corporal de animais, o Total de Condutividade Elétrica Corporal (TOBEC) e Análise de Impedância Bioelétrica (BIA) (COX e HARTMAN, 2005). Ambas as técnicas são não destrutivas, o que evita o sacrifício dos animais submetidos à análise. A precisão dos resultados de composição corporal obtidos por ambas as técnicas é semelhante, porém, essa precisão é reduzida no método TOBEC quando são analisados peixes de tamanhos distintos ou animais com composição corporal muito variável (LANTRY et al., 1999). Além das vantagens da BIA para essas situações, o equipamento utilizado BIA possui menor custo e maior portabilidade. A técnica tem sido utilizada para fins zootécnicos e veterinários como uma ferramenta para diagnosticar de maneira rápida e não destrutiva a composição corporal (HWANG et al., 2005; BERG et al., 1996.; JOHNS et al., 1992; SWANTEK et al., 1992). Poucos estudos têm sido realizados com organismos aquáticos e nenhum deles com peixes sul-americanos.

Por se tratar de uma técnica não destrutiva, apresenta grande importância em estudos contínuos de análise de composição corporal, tendo em vista que os métodos tradicionais utilizados para avaliar a composição de peixes exigem sacrifício do animal estudado. Assim, tais abordagens não podem ser usadas para quantificar o conteúdo no mesmo indivíduo ao longo do tempo e não são apropriados para espécies que apresentam baixa abundância ou ameaçadas de extinção (POTHOVEN et al., 2008). Experimentos adicionais aos de Cox e Hartman (2005) mostraram que o método BIA além de não letal, parece produzir pouco efeito mensurável sobre a saúde ou o comportamento dos peixes.

A teoria da BIA consiste na medida da resistência de um fluxo de corrente elétrica aplicada sobre o tecido animal. O corpo oferece dois tipos de resistência (R) a uma corrente elétrica: R capacitivo (reatância), e R resistivo (resistência). A resistência é proporcional à dificuldade de uma corrente elétrica atravessar uma determinada substância. A reatância é a oposição à corrente alternada oferecida por um capacitor (nesse caso as membranas celulares). A condutividade elétrica de um organismo é determinada pela quantidade de água e de solutos existente no corpo. De modo geral, a condutividade elétrica é maior em tecidos mais magros do que naqueles que apresentam maior teor de lipídios, isso está relacionada à maior quantidade de água e de eletrólitos nos tecidos magros.

A espécie estudada, *Leporinus obtusidens* (piava) pode ser encontrada, principalmente, nas Bacias do São Francisco, do Paraná (GARAVELLO, 1979) e do Uruguai (ZANIBONI-FILHO e SCHULZ, 2003). É um peixe de escamas, com corpo alongado e fusiforme. Apresenta coloração prateada, com três manchas pretas características nas laterais do corpo, e nadadeiras amareladas. Semelhante às demais espécies do gênero *Leporinus*, possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se de insetos, restos de peixes e vegetais (SANTOS, 2000). Outros autores, por meio de pesquisas de conteúdo alimentar, classificam este peixe como onívoro de amplo espectro, o que, do ponto de vista nutricional, proporciona vantagem no aproveitamento dos alimentos (ANDRIAN et al., 1994; RIBEIRO et al., 2001), apresentando grande variação de itens alimentares ingeridos de acordo com características do ambiente (ZANIBONI-FILHO, 2003). Por apresentar uma dieta onívora é recomendado o uso de ração contendo entre 25 e 35% de proteína bruta.

No ambiente natural, as espécies do gênero *Leporinus* apresentam alimentação intensa em uma época do ano, quando acumulam reserva de energia na forma de depósitos lipídicos. Também apresentam um período de migração reprodutiva, no qual os peixes diminuem drasticamente seu ritmo alimentar e passam a consumir as reservas de energia para migração e a maturação gonadal (BARBIERI e GARAVELLO, 1981; ZANIBONI-FILHO et al., 2002).

Em estações de piscicultura, o protocolo utilizado para o manejo alimentar é a alimentação diária durante 5 ou 6 dias da semana, em quantidade correspondentes a 2 ou 3% da biomassa, oferecidos uma ou duas vezes por dia. Em geral, as espécies do gênero *Leporinus* aceitam prontamente a ração e o alimento preparado desde as primeiras fases da vida.

Peixes do gênero dos *Leporinus* apresentam grande aceitação pelo mercado consumidor e são muito conhecidos por pescadores comerciais, esportivos e colecionadores de peixes ornamentais. O interesse no cultivo da espécie se deve a algumas características zootécnicas apresentadas pelo grupo, como reprodução em cativeiro, maior período de primeira maturação sexual, bom rendimento de filé, tolerância ao manejo e aceitação à ração (REYNALTE-TATAJE e ZANIBONI-FILHO, 2013). Apesar do grande interesse de cultivo da espécie, ainda são escasso estudos relacionados à sua composição corporal.

Esse estudo buscou estabelecer as equações de correlação entre a bioimpedância e a análise química para a piava (*Leporinus*

obtusidens), de modo a validar a técnica de Bioimpedância como ferramenta de análise da composição corporal da espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS:

O trabalho foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina, no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD/UFSC). Os animais utilizados no estudo foram obtidos através de reprodução em laboratório de espécimes que foram coletados de populações nativas do Rio Uruguai e que são mantidos no plantel de reprodutores do LAPAD. A fim de ampliar a precisão e a representatividade da regressão entre a bioimpedância e a análise centesimal, os indivíduos foram submetidos a diferentes manejos alimentares. Essa alteração na alimentação busca ampliar a variação da composição corporal dos indivíduos estudados. Para isso, foram cultivados exemplares da espécie estudada com uma dieta elaborada segundo literatura específica e outro lote de exemplares mantidos sem alimentação.

Procedimentos de cultivo

Exemplares com tamanho médio inicial de 25,5 cm ($\pm 0,75$ cm) e peso médio inicial de 174,4 g ($\pm 22,9$ g) (média \pm desvio padrão) foram cultivados em dois tanques com volume útil de 900 litros, ligados a um sistema de recirculação de água que permite o controle térmico e a troca diária do equivalente a 50% do volume de água, sendo abastecidos com sistema de aeração. Os peixes foram mantidos numa densidade de 0,022 peixes/L, totalizando 20 peixes por unidade experimental, sendo que cinco indivíduos foram analisados no início do experimento. Cada unidade experimental recebeu um manejo alimentar distinto: TA - Alimentação diária com ração elaborada para o experimento a 2% da biomassa total divididos em três alimentações, às 08:00, 13:00 e 18:00 horas; e TNA - Sem alimentação durante todo o período de experimento. Os peixes foram mantidos sob experimento por 60 dias.

Foi elaborada uma ração com alto nível de energia para alimentação do tratamento alimentado (TA), buscando proporcionar variação na composição corporal dos indivíduos durante o experimento. As características de formulação da ração se encontram na Tabela 1.

Foram realizadas biometrias (peso e comprimento) a cada 15 dias com amostragem de 25% da população de cada unidade (cinco peixes). Os indivíduos coletados ao acaso foram submetidos à eutanásia através de uma overdose de óleo de cravo (eugenol), sendo submetidos

às leituras de análise da bioimpedância e posteriormente acondicionados em freezer a -22°C para posterior análise da composição corporal pelo método tradicional. O abate dos peixes foi efetuado de acordo com as normas de ética e bem-estar animal da instituição (Protocolo CEUA/UFSC N°. 0788).

Tabela 1. Formulação da ração elaborada.

Composição	Unidade	Quantidade
Energia Bruta	Kcal/Kg	3.900,00
Proteína Bruta	%	28,00
Cinzas	%	5,37
Vitamina C	Mg/Kg	61,36
V Lip. A	Mg/Kg	1.460,86
V Lip. E	Mg/Kg	37,97
Fósforo Dissolvido	%	0,40
Fósforo Total	%	0,62
AMINOÁCIDOS		
Lisina	%	1,58
Metionina + Cistina	%	0,70
Histidina	%	0,82
Treonina	%	0,92
Leucina	%	2,10
Triptofano	%	0,29
Arginina	%	1,85
Isoleucina	%	1,19
Fenilalanina + Tirosina	%	1,65
Valina	%	1,28
Fibra	%	2,18
Gordura	%	9,02
Ácido Graxo n-3	%	0,82
Ácido Graxo n-6	%	2,00

A elaboração da ração experimental, análise centesimal da ração e a composição corporal dos exemplares foram realizadas em parceria com o Laboratório de Nutrição de Peixes (LABNUTRI) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Durante todo o experimento foram medidos diariamente os parâmetros físicos e químicos da água, sempre antes da segunda alimentação diária (13:00h), aferindo temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg/L), pH e salinidade (mg/L), utilizando equipamento medidor multiparâmetro de qualidade da água Sonda YSI Professional Plus.

Os parâmetros de qualidade da água sofreram pouca alteração, mantendo-se dentro das condições aceitáveis para a espécie (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios (\pm desvio padrão) dos parâmetros de qualidade de água das unidades experimentais (TA – Tratamento submetido à alimentação; TNA – Tratamento sem alimentação).

	T °C	OD (mg/L)	pH	Sal. (ppt)
TA	27,44 ($\pm 0,27$)	6,22 ($\pm 0,21$)	7,15 ($\pm 0,15$)	0,24 ($\pm 0,04$)
TNA	27,55 ($\pm 0,29$)	6,58 ($\pm 0,21$)	7,35 ($\pm 0,13$)	0,24 ($\pm 0,04$)

Procedimentos de Análise BIA

Após serem submetidos à eutanásia, os exemplares foram secos e colocados numa superfície não condutora de eletricidade. Imediatamente foram tomados os dados de resistência e reactância elétrica usando o Quantum X Tetrapolar Bioelectrical Impedance Analyzer com prendedores de aço nº 28 e agulhas de aço com 40 mm de diâmetro. O equipamento apresenta dois conjuntos de agulhas intradérmicas, sendo cada um deles composto por um emissor e um receptor de sinal, dispostos a uma distância de 1 cm entre eles. A profundidade da penetração dos eléctrodos no peixe foi de 0,5 cm. Esse conjunto de agulhas intradérmicas foi fixado em uma estrutura confeccionada em base de resina epóxi, poliamida e cargas minerais (Durepoxi®). Foram tomadas duas leituras de cada peixe, uma na região dorsal e outra na região da linha lateral, ambas do lado esquerdo do peixe. As leituras dorsais foram feitas na região mais alta do dorso, onde o primeiro conjunto de eletrodos foi posicionado na região anterior ao início da nadadeira dorsal e o segundo conjunto posicionado abaixo da nadadeira adiposa. As leituras laterais foram feitas pouco acima da linha lateral, sendo o primeiro conjunto de eletrodos posicionado posteriormente a abertura opercular e o segundo posicionado na metade posterior do peixe, próximo ao pedúnculo caudal (Fig. 1). As agulhas foram introduzidas imediatamente abaixo da pele do peixe, sendo feita a medida da distância entre os dois conjuntos de agulhas e a leitura dos dados de resistência e reactância. Essas medidas foram tomadas tanto para a ligação em série quanto para a ligação em paralelo, além das medidas da capacitância e impedância.

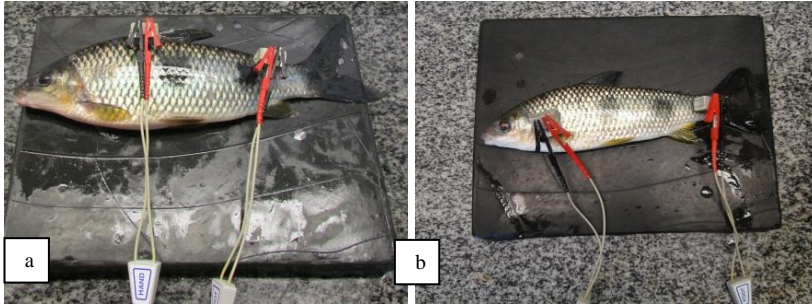


Figura 1 – a) Posição dos conjuntos de eletrodos para a leitura da BIA na região dorsal (a) e na região lateral (b).

Princípios da Bioimpedância

Para estimativa da composição corporal pelo método da Bioimpedância foi feita a medida da resistência e da reactância da corrente elétrica (800 μ A AC e 50kHz) através do corpo do animal. Tanto a resistência (R) quanto a reactância (Xc) foram medidas pelo Bioelectrical Impedance Analyser (BIA). Estes valores foram usados como variáveis dependentes no modelo de regressão. As variáveis independentes do modelo de regressão foram os valores da composição corporal obtidos pelo método químico em laboratório.

Análise Química

Para determinação da composição corporal pelo método tradicional, cada um dos 45 indivíduos foi moído separadamente, sendo as amostras homogeneizadas para a determinação de proteína bruta, lipídios totais, matéria seca e cinzas (AOAC, 1999). A matéria seca e umidade foram determinadas pelo método gravimétrico, após secagem a 105° C, enquanto o teor de proteína foi avaliado pelo método Kjeldahl, após digestão ácida. Os níveis lipídicos foram analisados pelo método Soxhlet a partir da extração com éter e as cinzas foram determinadas pela incineração a 550° C em forno mufla.

Análise Estatística

Os dados de bioimpedância foram utilizados para a análise de regressão linear por meio do programa computacional Statistica 8.0. Foram obtidos modelos de regressão entre as variáveis de resistência e reactância ambas em série e paralelo, capacitância e impedância, em relação aos parâmetros da análise química. Foram considerados significantes os coeficientes de determinação com $p < 0,05$.

As análises estatísticas das diferenças de crescimento (peso e comprimento) e composição corporal dos dois tratamentos foram realizadas com auxílio do software Statistica 8.0. Após constatada a normalidade dos dados foi utilizada ANOVA Fatorial para verificar a existência de diferença entre os tratamentos. Verificada diferença, aplicou-se teste de Tukey para separação das médias ($p < 0,05$). Para análise de composição corporal, os dados em porcentagem sofreram transformação angular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de crescimento

O crescimento em peso apresentou diferença significativa entre os tratamentos a partir da primeira amostragem (15 dias), enquanto que o crescimento em comprimento mostrou diferença significativa entre os tratamentos apenas a partir da segunda amostragem (30 dias) (Fig. 2).

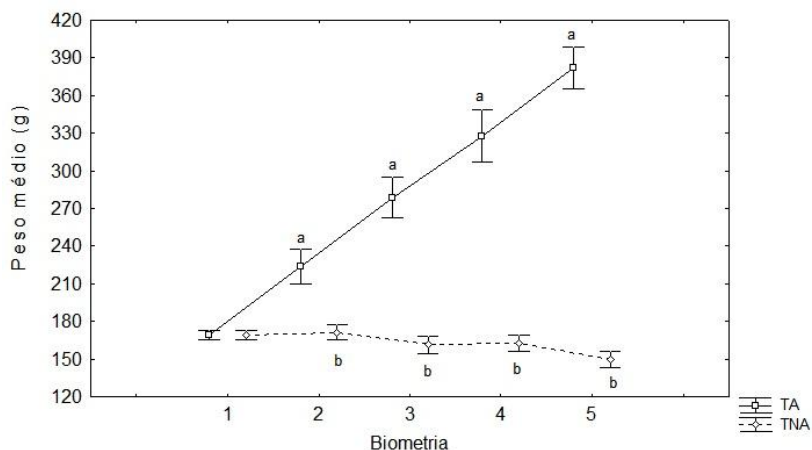


Figura 2 – a) Valores quinzenais do peso médio (g) dos peixes alimentados com ração e mantidos sem alimentação (TA – Tratamento Alimentado; TNA – Tratamento Não Alimentado). (Letras diferentes demonstram diferença significativa).

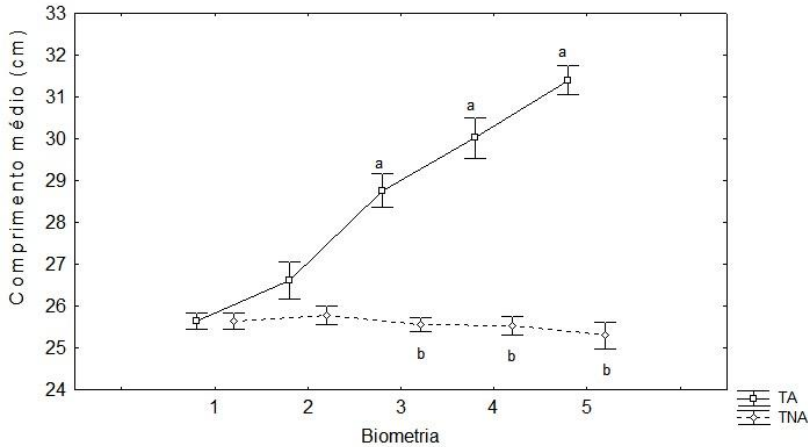


Figura 2 – b) Valores quinzenais do comprimento médio (cm) dos peixes alimentados com ração e mantidos sem alimentação (TA – Tratamento Alimentado; TNA – Tratamento Não Alimentado) (Letras diferentes demonstram diferença significativa).

Segundo Shine e Schwarzkopf (1992), o crescimento é considerado a expressão máxima do bem-estar a nível individual, e o crescimento real reflete mudanças na composição corporal ou na massa dos componentes de crescimento. A variação no crescimento em peso e comprimento observada neste estudo devido ao diferente manejo alimentar ajudou a produzir indivíduos com composições corporais diferentes, que viabilizam estabelecer as equações lineares para validação da técnica BIA com maior precisão. A definição de crescimento na maioria dos estudos tem sido limitada a sua capacidade para medir com precisão o crescimento corporal ou energético. Na maioria desses estudos de crescimento, as medições mais precisas da composição corporal não têm sido utilizadas, pois são escassos os métodos rápidos, de confiança e de baixo custo para estimar composição corporal (COX e HARTMAN, 2005). Dessa forma, a validação do método BIA para a estimativa da composição corporal de peixes se mostra uma importante ferramenta para os estudos de crescimento em peixes.

Análise de composição corporal

Os valores médios dos resultados das análises químicas dos peixes submetidos aos dois tratamentos estão demonstrados na Tabela 3. Todos os parâmetros analisados apresentaram diferença significativa

entre os tratamentos. A maior variação na composição corporal dos peixes entre os dois tratamentos foi observada na composição do Extrato Etéreo (%), com valor de 13,50 % para os peixes originários do Tratamento Alimentado e de 8,64 % para o dos peixes oriundos do Tratamento Não Alimentado.

Tabela 3 - Composição química média final dos peixes submetidos aos dois tratamentos (N=45) (TA – Tratamento Alimentado; TNA – Tratamento Não Alimentado) (Letras diferentes demonstram diferença significativa).

	Umidade (%)	Matéria Seca (%)	Proteína Bruta (%)	Extrato Etéreo (%)	Cinzas (%)
TA	65,08 (±2,35) ^a	34,92 (±2,35) ^a	17,14 (±1,1) ^a	13,50 (±3,12) ^a	3,18 (±0,7) ^a
TNA	68,45 (±2,29) ^b	31,54 (±2,69) ^b	18,31 (±1,08) ^b	8,64 (±1,73) ^b	3,92 (±0,7) ^b

Análise de Bioimpedância

Os resultados indicam uma alta correlação entre os valores obtidos através do método da BIA e os valores de composição corporal obtidos através da análise pelo método químico. Dentre os valores obtidos, as melhores correlações foram encontradas para as leituras feitas na região lateral dos peixes (Fig. 3).

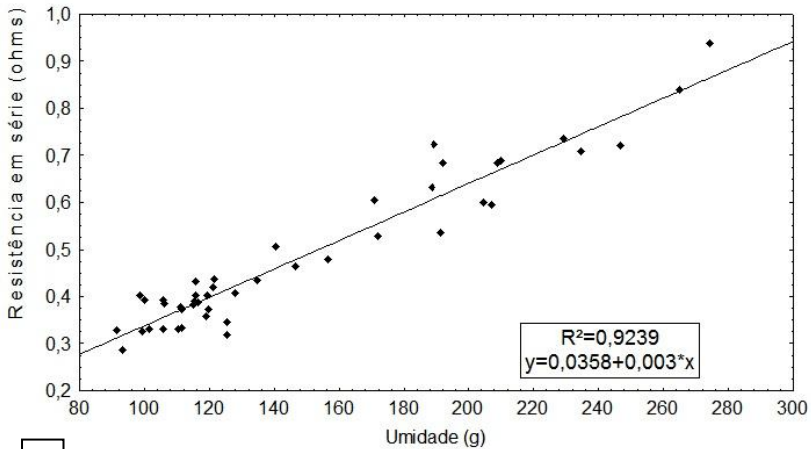
Nas tabelas 4 e 5 estão apresentados todos os valores dos coeficientes de determinação (R^2) obtidos através da equação de regressão linear dos parâmetros analisados.

Tabela 4 – Valores dos coeficientes de determinação (R^2) obtidos pela análise de regressão das leituras dorsais dos peixes (Valores em negrito representam valores com significância) (N=45).

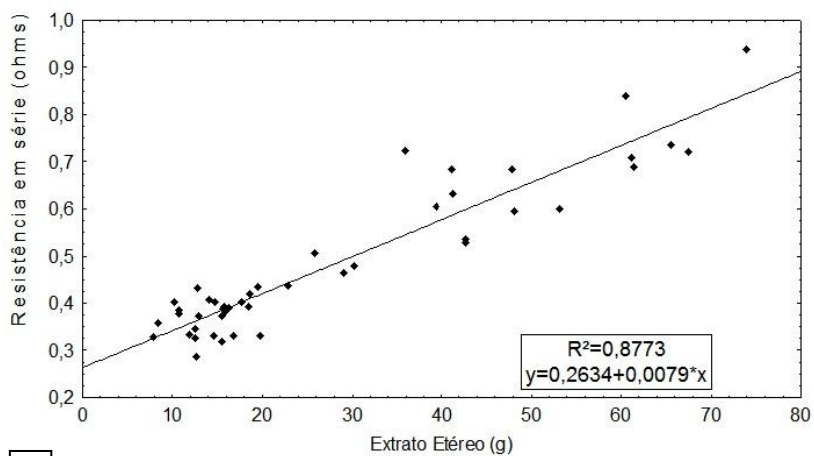
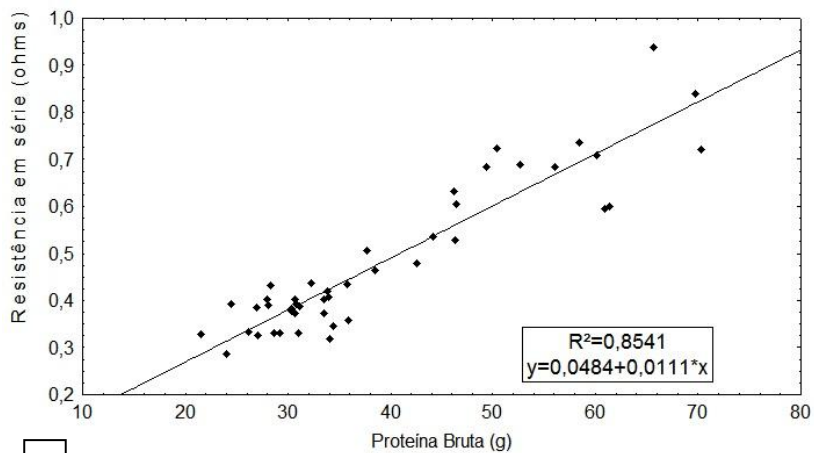
	Resistência em série	Resistência em paralelo	Reactância em série	Reactância em paralelo	Capacitância	Impedância
Umidade (g)	0,2248	0,1996	0,1354	0,292	0,0547	0,2124
Proteína Bruta (g)	0,2469	0,2201	0,153	0,3157	0,0701	0,2337
Extrato Etéreo (g)	0,2111	0,1864	0,1272	0,2752	0,052	0,1998
Cinzas (g)	0,1295	0,1177	0,0861	0,1583	0,0391	0,1238

Tabela 5 – Valores dos coeficientes de determinação (R^2) obtidos pela análise de regressão das leituras laterais dos peixes (Valores em negrito representam valores com significância) (N=45).

	Resistência em série	Resistência em paralelo	Reactância em série	Reactância em paralelo	Capacitância	Impedância
Umidade (g)	0,9239	0,9209	0,873	0,9112	0,3454	0,9226
Proteína Bruta (g)	0,8541	0,8534	0,8187	0,8329	0,3602	0,8539
Extrato Etéreo (g)	0,8773	0,8736	0,8217	0,8702	0,3524	0,8757
Cinzas (g)	0,5088	0,5064	0,479	0,5045	0,3193	0,5077



a



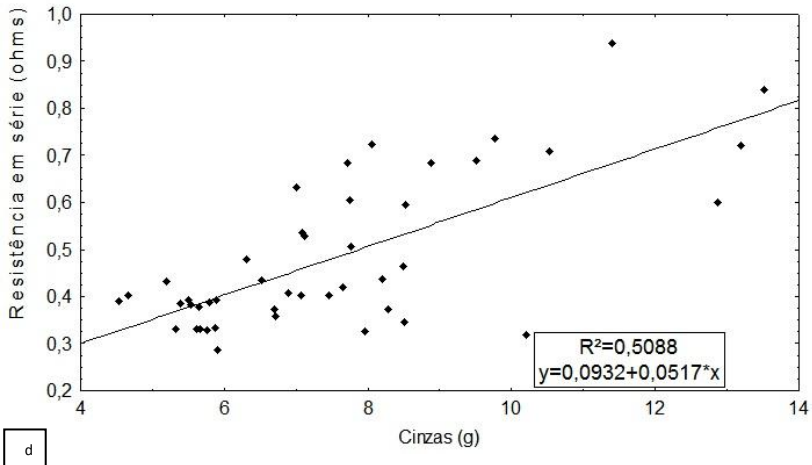


Figura 3 – Gráfico de dispersão entre a) Resistência em série e Umidade; b) Resistência em série e Proteína Bruta; c) Resistência em série e Extrato Etéreo; d) Resistência em série e Cinzas.

Os elevados valores do coeficiente de determinação obtidos na região lateral entre o método BIA e os parâmetros de composição corporal obtidos pelo método químico, como umidade, proteína e extrato etéreo, mostram que a metodologia BIA é válida para a estimativa da composição corporal de *Leporinus obtusidens*.

A elevada precisão obtida na estimativa da composição corporal de piava pelo método BIA neste trabalho também foi observada em outras espécies de peixes (COX e HARTMAN, 2005; DUNCAN et al., 2007; POTHOVEN et al., 2008), com resultados mais precisos que os observados nos estudos de outros vertebrados (BERG e MARCHELLO, 1994; MARCHELLO et al., 1999). De acordo com Cox e Hartman (2005), a geometria corporal dos peixes favorece a utilização da impedância como estimativa da composição corporal, onde uma única medição é capaz de representar todo o corpo, diferente do observado para animais com geometria corporal mais complexa. A piava *Leporinus obtusidens* apresenta uma forma geométrica fusiforme que se aproxima de um cilindro com maioria da massa localizada no tórax. O tórax acomoda todos os principais componentes da composição corporal e também é a principal região de crescimento. Assim como nos trabalhos com truta realizados por Cox e Hartman (2005), uma única medição da impedância representa todo o corpo e permite estimar melhor as mudanças na composição que ocorrem dentro dele.

Considerando a eficácia da técnica na avaliação da composição energética dos indivíduos analisados, estudos como esse elevam a capacidade de quantificar o teor de energia de peixes, beneficiando tanto a gestão da pesca, quanto investigações ecológicas (ROTTIERS e TUCKER, 1982; HENDERSON et al., 1996; HURST e CONOVER, 2003). Essas informações podem ser usadas para descrever o fluxo energético entre e dentro das populações, além de permitir a avaliação de um indivíduo ou de uma população em resposta às alterações ambientais (PAINE, 1971; LUDSIN e DEVRIES, 1997; MADENJIAN et al., 2000).

Os melhores resultados obtidos na leitura lateral da impedância para estimativa da composição corporal da piava, quando comparado com as leituras dorsais realizadas neste estudo, indicam a localização mais precisa para o uso da BIA em *L. obtusidens*. Resultados semelhantes foram observados para outras espécies de peixes (BOSWORTH e WOLTERS, 2001; COX e HARTMAN, 2005; POTHOVEN et al., 2008). Na grande maioria dos peixes, tais como a piava, os depósitos de gordura estão concentrados na região ventral, de modo que há uma diferença na composição química das diferentes regiões do corpo. Considerando que o tecido adiposo apresenta uma maior resistência elétrica do que os outros tecidos viscerais ou somáticos, o posicionamento das agulhas utilizadas na estimativa da BIA pode influenciar fortemente a precisão da estimativa da composição corporal dos peixes (COX e HARTMAN, 2005).

Os valores dos coeficientes de determinação relacionados à composição de Umidade, Proteína Bruta e Extrato Etéreo foram os mais altos encontrados neste estudo, porém, apenas a Umidade apresentou correlação entre BIA e análise bromatológica superior a 0,90. Os melhores resultados para a estimativa da massa total úmida (Umidade) através da condutividade elétrica, de acordo com Cox e Hartman, (2005), se devem ao fato da água ser mais homogeneamente distribuída no corpo dos peixes e de apresentar uma menor resistência elétrica e, dessa forma, estão mais diretamente representadas pelos valores de impedância. A teoria da BIA para estimar o total de água corporal em seres humanos foi estabelecida em 1970 (KUSHNER et al., 1992) e mais recentemente para peixes (BOSWORTH e WOLTERS, 2001; COX e HARTMAN, 2005; POTHOVEN et al., 2008). Resultados de análises de BIA estabelecidos mostraram que os modelos previram com menor precisão os valores reais para correlações com Proteína Bruta e massa gorda (E.E.). O raciocínio para as correlações mais fracas segundo Cox e Hartman (2005) pode ser explicado pelas propriedades

de resistividade elétrica. A natureza descrita pela lei de Ohm e regras de Kirchhoff diz que a corrente vai passar por um circuito inteiro, por um caminho mínimo de resistência. Os depósitos de gordura além de serem concentrados na região ventral dos peixes, têm uma resistência mais elevada do que os outros tecidos viscerais ou somáticos. Uma vez que as colocações dos eléctrodo ocorreram nas regiões dorsais e laterais, e a resistência é mais elevada em gordura, é possível que a corrente utilize um caminho mais curto e menos resistente que não represente toda a gordura que está localizado na região ventral inferior. Parâmetros como a massa total úmida (Umidade) são melhores distribuídos, têm menor resistência elétrica e, portanto, estão melhores representados por valores de impedância no presente estudo.

Os piores resultados da BIA para a estimativa da composição corporal da piava foram observados para Cinzas, semelhante ao observado em outros estudos com peixes (BOSWORTH e WOLTERS, 2001; COX e HARTMAN, 2005; POTHOVEN et al.; 2008). Em todos esses estudos, as medidas de impedância foram tomadas entre a borda posterior do opérculo e à região do pedúnculo caudal, de modo que a cabeça do peixe não é incluída na área medida entre os dois conjuntos de eletrodos. Apesar disso, a cabeça também é utilizada na análise química de composição corporal. Considerando a grande quantidade de material ósseo na região da cabeça, quando comparado com o resto do corpo, a estimativa do teor de Cinzas pode ser subestimada pelo método BIA convencionalmente utilizado. Assim como sugerido por Pothoven et al. (2008), recomendamos que estudos futuros variem a posição de colocação dos eletrodos para tomada das medidas de impedância, incluindo a cabeça, de modo a buscar uma melhor estimativa do teor de cinzas pelo método BIA em peixes.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente trabalho apresentam alto nível de correlação entre a análise de Bioimpedância encontrados nas leituras laterais dos indivíduos e as análises químicas utilizadas tradicionalmente para esse tipo de estudo, notadamente para Umidade, Proteína Bruta e Extrato Etéreo, assim a técnica de Bioimpedância é viável como ferramenta de análise de composição corporal para piava *Leporinus obtusidens*.

REFERÊNCIAS

ANDRIAN, I.F.; DORIA, C.R.C.; FERRETTI, C.M.L.; TORRENTE, G. Espectro alimentar e similaridade na composição da dieta de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) do rio Paraná (22°10'-22°50'S/ 53°10'-53°40'W), Brasil. **Revista UNIMAR**, v.16, p.97-107. 1994.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, ed. 16, p. 1141, Washington, D.C, USA. 1999.

BARBIERI, G.; GARAVELLO, J.C. Sobre a dinâmica da reprodução e da nutrição de *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) na represa do Lobo, Brotas-Itirapina, SP (Pisces, Anostomidae). In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA. 1981, São Carlos. **Anais Seminário Regional de Ecologia**. São Carlos: UFSCar, p.347-387. 1981.

BERG, E.P.; MARCHELLO, M.J. Bioelectrical impedance analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses. **Journal Anim. Sci.** v.72, p.322–329. 1994.

BERG, E.P.; NEARY, M.K.; FORREST, J.C.; THOMAS, D.L.; KAUFMANN, R.G. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. **Journal Anim. Sci.** v.74, p.2672–2678. 1996.

BOSWORTH, B.; WOLTERS, W.R. Evaluation of Bioelectric Impedance to Predict Carcass Yield, Carcass Composition, and Fillet Composition in Farm-Raised Catfish. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.32, N.1. March. 2001.

COX, M.K.; HARTMAN, K.J. Nonlethal estimation of proximate composition in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v.62, p.269–275. 2005.

DUNCAN, M.; CRAIG, S.R.; LUNGER, A.N.; KUHN, D.D.; SALZE, G.; MCLEAN, E. Bioimpedance assessment of body composition in cobia *Rachyentron canadum* (L. 1766). **Aquaculture**. v.271, p.432–438. 2007.

GARAVELLO, J.C.R. Revisão taxonômica do gênero *Leporinus* Spix, 1829 (Ostariophysii, Anostomidae). 1979, 123f. **Tese** (Doutorado em Zoologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

HENDERSON, B.A.; WONG, J.L.; NEPSZY, S.J. Reproduction of walleye in Lake Erie: allocation of energy. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v.53, p.127–133. 1996.

HURST, T.P.; CONOVER, D.O. Seasonal and interannual variation in the allometry of energy allocation in juvenile striped bass. **Ecology**. v.84, p.3360–3369. 2003.

HWANG, Y.T.; LARIVIÈRE, S.; MESSIER, F. Evaluating body condition of striped skunks using non-invasive morphometric indices and bioelectrical impedance analysis. **Wildl. Soc. Bull.** v.33, p.195–203. 2005.

JOHNS, J.V.; BRACKELSBURG, P.O.; MARCHELLO, M.J. Bioimpedance measurement of lean and fat tissue in the beef carcass. **Journal Anim. Sci.** v.70, p.45. 1992.

KUSHNER, R.F.; SCHOELLER, D.A.; FJELD, C.R.; DANFORD, L. Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? **American Journal of Clinical Nutrition**. v.56 p.835–839. 1992.

LANTRY, B.F.; STEWART, D.J.; RAND, P.S.; MILLS, E.L. Evaluation of total-body electrical conductivity to estimate wholebody water content of yellow perch, *Perca flavescens*, and alewife, *Alosa pseudoharengus*. **Fish. Bull.** v.97, p.71–79. 1999.

LUDSIN, S.A.; DEVRIES, D.R. First-year recruitment of largemouth bass: the interdependency of early life stages. **Ecological Applications**. v.7, p.1024–1038. 1997.

MADENJIAN, C.P.; ELLIOT, R.F.; DESORCIE, T.J.; STEDMAN, R. M.; O'CONNOR, D.V.; ROTTIERS, D.V. Lipid concentrations in Lake Michigan fishes: seasonal, spatial, ontogenetic, and long-term trends. **Journal of Great Lakes Research**. v.26, p.427–444. 2000.

MARCHELLO, M.J.; BERG, P.T.; SWANTEK, P.M.; TILTON, J.E. Predicting live and carcass lean using bioelectrical impedance technology in pigs. **Livest. Prod. Sci.** v.58, p.151–157. 1999.

PAINE, R.T. The measurement and application of the calorie to ecological problems. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.2, p.145–164. 1971.

POTHOVEN, S.; LUDSIN, S.; HOOK, T.; FANSLAW, D.; MASON, D.; COLLINGSWORTH, P.; VAN TASSELL, J. Reliability of bioelectrical impedance analysis for estimating whole-fish energy

density and percent lipids. *Trans. Am. Fish. Soc.* v.137, p.1519-1529. 2008.

REYNALTE-TATAJE, D.; ZANIBONI-FILHO, E. Cultivo de piapara, piaçu, piava e piau – gênero *Leporinus*, In: Baldisserotto, B.; Gome, L.C. (Orgs.), *Espécies Nativas para Piscicultura do Brasil*. Editora UFSM, Santa Maria. P. 73-99. 2013.

RIBEIRO, R.P.; HAYASHI, C.; MARTINS, E.N.; MARTIN-NIETO, L.; SUSSEL, F.R. Hábito e seletividade alimentar de pós-larvas de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988), submetidos a diferentes dietas em cultivos experimentais. *Acta Scientiarum*. v.23, n.4, p.829-834. 2001.

ROTTIERS, D.V.; TUCKER, R.M. Proximate composition and caloric content of eight Lake Michigan fishes. *U.S. Fish and Wildlife Service Technical Papers*. v.108. 1982.

SANTOS, G.O. Aspectos importantes para a piscicultura do gênero *Leporinus Spix*, 1829 – uma revisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. v.6, n.1, p.151-156. 2000.

SHINE, R.; SCHWARZKOPF, L. The evolution of reproductive effort in lizards and snakes. *Evolution*. v.46, p.62–75. 1992.

SWANTEK, P.M., CRENSHAW, J.D., MARCHELLO, M.J., LUKASKI, H.C. Bioelectric impedance: a nondestructive method to determine fatfree mass of live market swine pork carcasses. *Journal. Anim. Sci.* v.70, p.169. 1992.

ZANIBONI-FILHO, E. Piscicultura das espécies nativas de água doce. In: *Aqüicultura – Experiências Brasileiras*. Florianópolis: Editora da UFSC, cap.14, p.337-369. 2003.

ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A.P.O.; MEURER, S.; REYNALTE-TATAJE, D.A.; IACZINSKI, P. Monitoramento e Manejo da Ictiofauna do Alto Rio Uruguai – Espécies Migradoras – UHE Machadinho. Relatório Final – LAPAD. Florianópolis, SC. 2002.

ZANIBONI-FILHO, E.; SCHULZ, U.H. Migratory Fishes of the Uruguay River. In: CAROLSFELD, J., B. Harvey, A. Baer & C. Ross (Eds.). *Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status*. **World Fisheries Trust**, p.157-194. 2003.

Referências Introdução Geral

BAI, S.C.; NEMANTIPOUR, G.R.; PERFRA, R.P.; JARAMILLO, F.; MURPHY, B.R.; GATLIN III, D.M. Total body electric conductivity for nondestructive measurement of body composition of red drum. **Prog. Fish-Cult.** v.56, p.232–236. 1994.

BERG, E.P.; NEARY, M.K.; FORREST, J.C.; THOMAS, D.L.; KAUFMANN, R.G. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. **Journal Anim. Sci.** v.74, p.2672–2678. 1996.

BOSWORTH, B.; WOLTERS, W.R. Evaluation of Bioelectric Impedance to Predict Carcass Yield, Carcass Composition, and Fillet Composition in Farm-Raised Catfish. **Journal of the World Aquaculture Society.** v.32, n.1. 2001.

CALLOW, E.H. The electrical resistance of muscular tissue and its relation to curing. Special Report 75. Department of Scientific and Industrial. **Research Food Investigation Board**, London, p.75–81. 1936.

COX, M.K.; HARTMAN, K.J. Nonlethal estimation of proximate composition in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** v.62 p.269–275. 2005.

DUNCAN, M.; CRAIG, S.R.; LUNGER, A.N.; KUHN, D.D.; SALZE, G.; MCLEAN, E. Bioimpedance assessment of body composition in cobia *Rachyentron canadum* (L. 1766). **Aquaculture.** v.271, p.432–438. 2007.

HENDERSON, B.A.; WONG, J.L.; NEPSZY, S.J. Reproduction of walleye in Lake Erie: allocation of energy. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** v.53 p.127–133. 1996.

HOFFER, E. C.; MEADOR, C.K.; SIMPSON, D.C. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. **Journal of Applied Physiology.** v.27, p.531–534. 1969.

HURST, T.P.; CONOVER, D.O. Seasonal and interannual variation in the allometry of energy allocation in juvenile striped bass. **Ecology.** v.84 p.3360–3369. 2003.

HWANG, Y.T.; LARIVIÈRE, S.; MESSIER, F. Evaluating body condition of striped skunks using non-invasive morphometric indices

and bioelectrical impedance analysis. **Wildl. Soc. Bull.** v.33, p.195–203. 2005.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; GRAVES, J.E.; MAHAR, M.T. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. **Journal of Applied Physiology.** v.64 p.529–534. 1988.

JOHNS, J.V.; BRACKELSBERG, P.O.; MARCHELLO, M.J. Bioimpedance measurement of lean and fat tissue in the beef carcass. **Journal Anim. Sci.** v.70, p.45. 1992.

KESTIN, S.C.; WARRISS, P.D. Farmed fish quality. **Fishing News Books.** Oxford, UK. 2001.

KOTLER, D. P., S. BURASTERO, J. WANG, AND R. N. PIERSON, JR. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. **American Journal of Clinical Nutrition** v.64, p.489S–497S. 1996.

KUSHNER, R.F.; SCHOELLER, D.A.; FJELD, C.R., DANFORD, L. Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? **American Journal of Clinical Nutrition.** v.56 p.835–839. 1992.

KYLE, U.G.; BOSAEUS, I.; DE LORENZO, A.D.; DEURENBERG, P.; ELIA, M.; GOMEZ, J.M.; HEITMANN, B.L.; KENT-SMITH, L.; MELICHOR, J.; PIRLICH, M.; SCHARFETTER, H.; SCHOLS A.M.W.J.; PICHARD, C. Bioelectrical impedance analysis, part 1: review of principles and methods. **Clinical Nutrition.** v.23, p.1226–1243. 2004.

LANTRY, B.F.; STEWART, D.J.; RAND, P.S.; MILLS, E.L. Evaluation of total-body electrical conductivity to estimate whole-body water content of yellow perch, *Perca flavescens*, and alewife, *Alosa pseudoharengus*. U.S. **National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin** v.97, p.71–79. 1999.

LASLEY, J.F. Genetics of livestock improvement, 4th edition. **Prentice-Hall.** Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 1987.

LIEDTKE, R.J., Principles of bioelectrical impedance analysis. **RJL Systems Inc.** Clinton. 1997.

LUDSIN, S.A.; DEVRIE, D.R.S. First-year recruitment of largemouth bass: the interdependency of early life stages. **Ecological Applications.** v.7, p.1024–1038. 1997.

LUKASKI, H.C.; JOHNSON, P.E.; BOLONCHIK, W.W.; LYKKEN, G.I. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.41 p.810–817. 1985.

MADENJIAN, C.P.; ELLIOT R.F.; DESORCIE T.J., STEDMAN R.M.; O'CONNOR D.V.; ROTTIERS D.V. Lipid concentrations in Lake Michigan fishes: seasonal, spatial, ontogenetic, and long-term trends. **Journal of Great Lakes Research**. v.26 p.427–444. 2000.

PAINE, R.T. The measurement and application of the calorie to ecological problems. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.2, p.145–164. 1971.

POTHOVEN, S.; LUDSIN, S.; HOOK, T.; FANSLow, D.; MASON, D.; COLLINGSWORTH, P.; VAN TASSELL, J. Reliability of bioelectrical impedance analysis for estimating whole-fish energy density and percent lipids. **Trans. Am. Fish. Soc.** v.137, p.1519-1529. 2008.

ROTTIERS, D.V.; TUCKER, R.M. Proximate composition and caloric content of eight Lake Michigan fishes. **U.S. Fish and Wildlife Service Technical Papers**. v.108. 1982.

SHEARER, K.D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**. v.119, p.63–88. 1994.

SWANTEK, P.M.; CRENSHAW, J.D.; MARCHELLO, M.J.; LUKASKI, H.C. Bioelectric impedance: a nondestructive method to determine fatfree mass of live market swine pork carcasses. **Journal. Anim. Sci.** v.70, p.169. 1992.

VONDRACEK, B.; GIESE, B. D.; HENRY, M. G. Energy density of three fishes from Minnesota waters of Lake Superior. **Journal of Great Lakes Research**. v.22, p.757–764. 1996.

Anexo I

Como forma de validação da técnica foi elaborado um protocolo para análise da composição corporal utilizando a técnica de Bioimpedância para *Leporinus obtusidens*:

1. Calibração do instrumento – antes de iniciar as leituras, calibrar o equipamento com o resistor de 500 ohms (que vem junto com o aparelho) para garantir o pleno funcionamento.
2. Preparação do equipamento – prender as agulhas nos cabos do equipamento. Garantir que entre cada par de agulhas fique uma distância de 1cm. Eletrodos pretos devem sempre no lado externo durante as leituras.
3. Leituras com o BIA – após anestésiar o peixe, posicionar um jogo de eletrodos logo atrás da abertura opercular, acima da linha lateral. As pontas das agulhas devem entrar alguns milímetros abaixo da pele do peixe. O segundo par de eletrodos deve ser posicionado na região do pedúnculo caudal, da mesma maneira que os eletrodos anteriores.
 - Registrar as medidas de resistência e reactância do equipamento;
 - Registrar a distância entre os eletrodos detectores (eletrodo vermelho);
4. Utilização das equações de calibração – resultados encontrados nas leituras de resistência e reactância devem ser inseridos nas equações lineares de ajuste (y) encontrados neste trabalho para cada análise de composição.

Parâmetro químico	Equação	Fator de determinação (R ²)
Umidade	$y=0,0358+0,003*x$	0,9239
Proteína Bruta	$y=0,084+0,0111*x$	0,8541
Extrato Etéreo	$y=0,2634+0,0079*x$	0,8773
Cinzas	$y=0,0932+0,0517*x$	0,5088

Anexo II

Fig. 1 – Equipamento Quantum X Tetrapolar Bioelectrical Impedance Analyzer, superfície não condutora e conjuntos de agulhas intradérmicas.

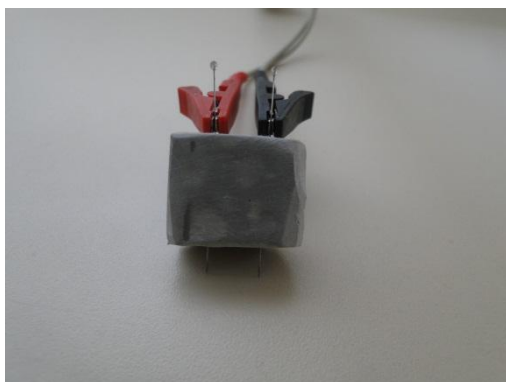


Fig. 2 – Estrutura de fixação de conjunto de eletrodos dispostos a uma distância de 1 cm entre eles e profundidade da penetração de 0,5 cm, desenvolvida para padronização do experimento.



Fig. 3 – Leitura de Bioimpedância sendo realizada durante experimento.



Fig. 4 – Indivíduos dos diferentes manejos alimentares ao final do experimento (acima exemplar do TNA e abaixo exemplar do TA).

Anexo III

Estão listadas abaixo a formatação e outras convenções que deverão ser seguidas:

- a) No processo de submissão deverão ser inseridos os nomes completos dos autores (no máximo seis), seus endereços institucionais e o e-mail do autor indicado para correspondência
- b) Os artigos deverão ser subdivididos com os seguintes subtítulos: Resumo, Palavras-chave, Abstract, Key words, Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusão, Agradecimentos (Opcional) e Referências. Esses itens deverão ser em caixa alta e em negrito e não deverão ser numerados.
- c) O título, com no máximo vinte palavras, em português e inglês, deverá ser preciso. Também deverá ser fornecido um título resumido com, no máximo, seis palavras, que não estejam citadas no título.
- d) O resumo não excedendo 200 palavras, deverá conter informações sucintas sobre o objetivo da pesquisa, os materiais e métodos empregados, os resultados e a conclusão. Até seis palavras-chave deverão ser acrescentadas ao final, tanto do resumo como do abstract, que não estejam citadas no título.
- e) Os artigos não deverão exceder 15 páginas digitadas, incluindo figuras, tabelas e referências. Deverão ser escritos em espaço 1,5 linhas e ter suas páginas e linhas numeradas. O trabalho deverá ser editado no MS-Word, ou compatível, utilizando Times New Roman fonte 12.
- f) O trabalho deverá ser formatado em A4 e as margens inferior, superior, direita e esquerda deverão ser de 2,5 cm.
- g) O arquivo contendo o trabalho que deverá ser anexado (transferido), durante a submissão, não poderá ultrapassar o tamanho de 2MB, bem como, não poderá conter qualquer tipo de identificação de autoria, inclusive na opção propriedades do Word.
- h) Tabelas, Figuras e Gráficos deverão ser inseridos no texto, logo depois de citados. As Figuras e as Tabelas deverão ter preferencialmente 7,65 cm de largura, e não deverão ultrapassar 16 cm.
- i) As Figuras digitalizadas deverão ter 300 dpi de resolução e preferencialmente gravados no formato jpg. Ilustrações em cores não serão aceitas para publicação.

- j) Deverá ser adotado o Sistema Internacional (SI) de medidas.
- k) As equações deverão ser editadas utilizando software compatível com o editor de texto.
- l) As variáveis deverão ser identificadas após a equação.
- m) Artigos de Revisão poderão ser publicados mediante convite do Conselho Editorial ou Editor-Chefe da Eduem.
- n) A revista recomenda que oitenta por cento (80%) das referências sejam de artigos listados na base ISI Web of Knowledge, Scopus ou SciELO com menos de 10 anos. Recomenda-se dar preferência as citações de artigos internacionais. Não serão aceitos nas referências citações de dissertações, teses, monografias, anais, resumos, resumos expandidos, jornais, magazines, boletins técnicos e documentos eletrônicos.
- o) As citações deverão seguir os exemplos seguintes que se baseiam na ABNT (NBR 6023, 10520). Citação no texto, usar o sobrenome e ano: Lopes (2005) ou (LOPES, 2005); para dois autores Kevan e Imperatriz-Fonseca (2006) ou (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2006); três ou mais autores, utilizar o primeiro e após et al. (MENDOZA et al., 2009). Deverão ser organizadas em ordem alfabética, justificado. Listar todos os autores do trabalho. Os títulos dos periódicos deverão ser completos e não abreviados, sem o local de publicação.

MODELOS DE REFERÊNCIAS

Artigos

MENDOZA, F.; VALOUS, N. A.; ALLEN, P.; KENNY, T. A.; WARD, P.; SUN, D.W. Analysis and classification of commercial ham slice images using directional fractal dimension features. *Meat Science*, v. 81, n. 2, p. 313-320, 2009.