UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

AUTOMAÇÃO DO MANEJO ALIMENTAR NA ENGORDA DE TILÁPIAS CRIADAS EM TANQUE-REDE

CAMILA SOUSA MAGELA DE MENEZES

Dissertação apresentada como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de Mestre

BOTUCATU – SP
Novembro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

AUTOMAÇÃO DO MANEJO ALIMENTAR NA ENGORDA DE TILÁPIAS CRIADAS EM TANQUE-REDE

CAMILA SOUSA MAGELA DE MENEZES
Zootecnista

Orientador: Profº. Drº.Claudio Angelo Agostinho

Dissertação apresentada como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de Mestre

BOTUCATU – SP
Novembro-2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Menezes, Camila Sousa Magela de, 1988-
M543m Automação do manejo alimentar na engorda de tilápias criadas em tanque-rede / Camila Sousa Magela de Menezes. - Botucatu : [s.n.], 2014
v, 40 f. : il color.,grafs ,tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2014
Orientador: Claudio Angelo Agostinho
Inclui bibliografia

1. Tilápia(Peixe). 2. Tilápia(Peixe) - Alimentação e rações. 3. Peixe - Nutrição. I. Agostinho, Claudio Angelo.II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais...
Geraldo Magela de Menezes
Antônia Maria de Sousa

Aos meus irmãos...
Flávia Helena de Menezes Conti
César Augusto de Menezes Conti
Priscilla Sousa de Menezes
Sharlene Sousa Magela de Menezes.

Aos meus sobrinhos...
Renato, Flaviellen, João Pedro,
Jéssica, Laisa, Laura
Maurício, Leandro e
Giovana.

Aos meus avôs
Francisco Gomes de Sousa
Adelícia Calaça de Sousa
Dimas Ribeiro de Menezes
Felismina Ribeiro Costa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela oportunidade de obter maior conhecimento intelectual.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade.

Agradeço a Cuesta Aquicultura por ter cedido o programa "Aqui-o-matic", que possibilitou o controle da oferta de ração por meio de CLPs.

Agradeço a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Agradeço a meus pais, pelo incentivo e força de prosseguir.

Agradeço as minhas irmãs pelo companheirismo virtual e confiança a mim depositada.

Agradeço ao meu orientador Prof.º Dr.º Claudio, pela paciência e conselhos.

Agradeço aos meus colegas Raphaela, Obedias, Cecília, Juliana, Célio, Anderson e João, pelos momentos de descontração.

Agradeço a minha amiga mãe, Vanessa, por todo carinho e amor e minha amiga irmã, Camila Simonetti, por todos os momentos de alegria.

SUMARIO

CAPÍTULO I **Página**

Considerações iniciais 2
Desenvolvimento tecnológico da aquicultura no Brasil 2
Criação da tilápia 3
Cultivo em tanque- rede 4
Importância da taxa e frequência de alimentação no desempenho de peixes 5
Uso de alimentadores automáticos na piscicultura 7
Tecnologias disponíveis para supervisão, automação e controle na aquicultura 8
Sistemas de controle e automação na produção animal 10
Controlador lógico programável- CLP 11
Correção diária de oferta da ração com base na conversão alimentar 13
Referencias bibliográficas 14

CAPÍTULO II 21
Automação do fornecimento de ração para tilápias com correção diária da taxa de alimentação baseada na conversão alimentar. 21
Resumo 22
Abstract 23
Introdução 24
Material e Métodos 26
Resultados 28
Discussão 32
Conclusão 35
Referências bibliográficas 36

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1. Peso médio final (PMF) de tilápias de 0 a 30 dias e 0 a 60 dias de experimento com taxa de alimentação de 0,5% a 1,0% do peso vivo.....**31**

Tabela 2. Peso médio final (PMF) de tilápias de 0 a 30 dias e 0 a 60 dias de experimento com taxa de alimentação de 1,5% a 3,0% do peso vivo.....**32**

Tabela 3. Peso total e ganho de peso total para tilápias durante os 60 dias de experimento com taxa de alimentação de 0,5% a 1,0% do peso vivo.....**32**

Tabela 4. Peso total e ganho de peso total para tilápias durante os 60 dias de experimento com taxa de alimentação de 1,5% a 3,0% do peso vivo.....**33**

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Alimentador automático acoplado ao tanque-rede.....**26**

Figura 2. Médias semanais da temperatura da água de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro de 2013.....**29**

Figura 3. Médias semanais de p, oxigênio dissolvido pela manhã e a tarde de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro de 2013.
.....**30**

Figura 4. Simulação da correção da taxa diária de alimentação com base no ganho de peso diário estimado pela conversão alimentar esperada.
.....**31**

CAPÍTULO I
Considerações iniciais

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA AQUICULTURA NO BRASIL

A produção de pescado no mundo tem se mostrado atividade promissora com expressivo desenvolvimento, sendo considerado o setor de produção de alimentos com maior índice de crescimento nos últimos anos (ENCARNAÇÃO, 2013). A produção mundial da pesca e aquicultura em 2013 totalizou 160 milhões de toneladas (FAO, 2013). O Brasil tem grande vocação para a produção de pescados, com grandes reservatórios públicos para produção de peixes em tanque-rede e uma grande capacidade de produção de grãos, apesar disso a previsão de produção brasileira de pescados segundo o Ministério da Pesca (2013) é de 2,5 milhões de toneladas.

Fatos que normalmente são considerados extremamente positivos, tais como a dimensão continental do território brasileiro, a diversidade de biomas e a imensa biodiversidade, que abriga inúmeras espécies com potencial zootécnico, criam um cenário bastante complexo pulverizando ações que, se não organizadas, podem comprometer ou atrasar o desenvolvimento da aquicultura no país. Os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação são fundamentais para elevar o patamar tecnológico e favorecer a competitividade e a sustentabilidade da aquicultura brasileira (ROCHA et al., 2013).

Um dos gargalos de maior relevância no setor aquícola brasileiro é o desenvolvimento tecnológico, sendo necessário substituir métodos rudimentares de produção por modernizações e atualizações tecnológicas. Traçando um paralelo com a agricultura de precisão, a utilização de maquinários como, por exemplo, as colheitadeiras, entres outros equipamentos, somam anos de experiência e inovação. No caso da aquicultura brasileira, como as empresas ainda são pequenas a demanda ainda não viabiliza investimentos da indústria de maquinários no segmento (SIDONIO et al., 2012).

CRIAÇÃO DA TILÁPIA

A tilápia-do-Nilo é um peixe originário da África e foi introduzida no Brasil nos anos 50 (BARBOSA et al., 2010), sendo considerada uma das principais espécies com potencial para alicerçar a expansão da piscicultura industrial (TOYAMA et al., 2000). A produção nacional aquícola continental chegou a 544.490,0 toneladas no ano de 2011, sendo 253.824,1 t representadas pelo cultivo da tilápia (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2011).

A intensificação da criação e o uso de linhagens de tilápia nilótica com crescimento mais rápido e maior rendimento de filé foram os principais fatores que promoveram o aumento na produção. A tilápia nilótica foi escolhida para ser utilizada em programas de melhoramento genético por estar difundida em vários países; apresentar vantagens para a criação em cativeiro, como rusticidade, precocidade e aceitar alimento artificial; possuir carne de boa qualidade e com grande aceitação no mercado consumidor (AMANCIO, 2011).

A tilápia nilótica se adapta a ambientes que variam desde água doce à salobra, suporta variações de temperatura e oxigênio dissolvido, além de apresentar alto índice de sobrevivência (SOUSA, 2010). Sua alta produtividade e tolerância à elevada densidade de estocagem a torna economicamente viável (SAMPAIO & BRAGA, 2005), com expressiva importância para aquicultura em diversas regiões brasileiras, estando devidamente adaptada às nossas condições climáticas, com um pacote tecnológico definido para a sua criação (TOYAMA et al., 2000).

A tilápia-do-Nilo possui um conjunto de características desejáveis para a consolidação de um empreendimento aquícola. Os segmentos de melhoramento genético, reprodução, produção/engorda, alimentação e processamento do peixe encontram-se estabelecidos e sua criação em tanques-rede vem se firmando como modo eficiente e vantajoso de se cultivar peixes, devido à grande quantidade de reservatórios para a geração de energia elétrica, bem como a facilidade desta espécie em se adaptar a sistemas de criação intensivos (SUSSEL et al., 2009).

Dentre as linhagens de tilápia produzidas no Brasil a GIFT tem se destacado. Em estudo realizado por Massago et al. (2010) observaram que a linhagem GIFT apresentou ganho de peso 7,6% e 22,9% maior em relação as linhagens Bouaké e Chitralada,

respectivamente. Resultados semelhantes também foram observados por Fulber et al. (2010), ao avaliarem o desempenho produtivo de diferentes linhagens de tilápia do Nilo.

CULTIVO EM TANQUE – REDE

A criação de peixes de água doce em tanque-rede é uma das modalidades da aquicultura que mais se desenvolve no país, sendo apontada como uma atividade de grande potencial para melhorar as condições socioeconômicas do pequeno produtor (BORBA et al., 2012), podendo se tornar o mais importante cultivo superintensivo de peixes no Brasil. De acordo com Pereira et al. (2014), a produção de peixe em tanques-rede é praticada industrialmente em todo o mundo, com produção de espécies de alto valor comercial.

Na produção em tanque-rede os peixes são confinados em altas densidades dentro de uma estrutura com constante renovação de água, e alimentados com ração balanceada (NOGUEIRA, 2007). Esse sistema de produção facilita a despesca, resultando em peixes menos estressados em relação à despesca convencional. Além de ser alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, possibilitando aproveitamento dos recursos hídricos e a rápida expansão da piscicultura industrial no país (CREPALDI et al., 2006).

O Sudeste é a região que mais se destaca no cenário nacional do cultivo de peixes em tanque-rede, sendo o Estado de São Paulo o detentor das melhores técnicas para esse tipo de cultivo, podendo ser considerado o pólo de produção com ciclo completo na cadeia produtiva da tilápia (FERREIRA, 2010).

Em algumas regiões do Brasil a piscicultura em tanque-rede ainda se apresenta incipiente. De acordo com Ayroza et al. (2006) existe a necessidade de maiores informações e adequação de toda a cadeia produtiva. Na região Norte do País, essa prática de cultivo de peixes não é representativa devido à falta de mão-de-obra adequada e ausência de políticas públicas para esse setor produtivo (SANTOS et al., 2013). No entanto, já existem várias instituições federais, estaduais, municipais e não governamentais (ONG's), distribuídas nas sete unidades federativas que compõem a Região Norte do Brasil, trabalhando na pesquisa, ensino ou no fomento da piscicultura (ROUBACH et al., 2002).

A tecnologia de cultivo de tilápias em tanque-rede tem evoluído rapidamente no Brasil, a maior modificação ocorre no volume dos tanques, que inicialmente eram construídos com 6 a 18 m³, e hoje tanques-rede maiores do que 70 m³ são comuns na tilapicultura brasileira. Isto exige grandes mudanças no manejo, especialmente no fornecimento de ração, já que neste caso os peixes podem consumir mais que 50 kg de ração por dia em cada tanque-rede.

O oferecimento de ração em grande parte das pisciculturas brasileiras é feito manualmente. A quantidade de alimento a ser fornecido é baseada na idade e no peso total dos peixes dentro de cada tanque-rede. À medida que ocorrem variações na temperatura e oxigênio dissolvidos na água, o consumo varia e a taxa diária de alimentação precisa ser corrigida; portanto, a precisão na oferta de alimento depende muito da habilidade do tratador, que deverá decidir quanto deve oferecer na próxima refeição de acordo com o consumo observado (AGOSTINHO et al., 2011). A criação de peixes em tanque-rede é considerada um sistema superintensivo de cultivo, entretanto, o oferecimento de ração é feito manualmente. A automação do fornecimento de ração deverá ser o próximo passo para alavancar a piscicultura no Brasil, pois, quanto maior é a piscicultura mais complexo é o manejo alimentar, e o oferecimento manual de ração para 100 a 500 tanques-rede é uma tarefa difícil para o tratador, que pode comprometer a precisão da oferta de alimento (AGOSTINHO et al., 2011).

IMPORTÂNCIA DA TAXA E FREQUÊNCIA DE ALIMENTAÇÃO NO DESEMPENHO DE PEIXES

O conhecimento da melhor taxa de alimentação para uma determinada espécie é importante para promover o maior crescimento e a melhor eficiência alimentar e prevenir o comprometimento da qualidade da água (BARBOSA et al., 2011). Assim, a otimização do crescimento dos peixes só pode ser alcançada através do manejo concomitante da qualidade de água, nutrição e alimentação (CYRINO et al., 2010).

A subalimentação piora o desempenho sem comprometer a qualidade da água, enquanto o excesso de ração pode comprometer o desempenho de forma direta, piorando a conversão alimentar e, consequentemente, a redução na qualidade da água (MOREIRA et al., 2001).

A dificuldade de se determinar a quantidade exata e o peso dos peixes em um tanque ou viveiro aumenta os erros de estimativa da biomassa total e, por conseguinte,

erros na quantidade de alimento a ser fornecida diariamente. Como regra geral, não se recomenda fornecer o alimento até a saciedade. Preconiza-se o fornecimento de uma quantidade 10% inferior à necessária para que o peixe cesse a alimentação. Porém, tal manejo é de difícil aplicação, sendo o mais indicado neste caso estabelecer uma taxa de arraçoamento proporcional à biomassa (SUSSEL, 2008).

Em seu estudo Oliveira (2007) constatou que a adequada taxa de alimentação quando aliada ao aumento da frequência alimentar pode resultar em melhor desempenho produtivo de tilápias em crescimento e terminação. O autor testou taxas de alimentação de 2%, 3% e 4% do peso vivo em 48 refeições diárias, o peso inicial dos peixes foi de 200g e o experimento foi concluído com peso médio de 700g. Segundo o autor o maior ganho de peso diário, maior uniformidade do lote e menor tempo de cultivo foi observado nos peixes que receberam a maior taxa de alimentação.

A digestão do alimento e absorção dos nutrientes pelos peixes requerem aumento da atividade intestinal, do fluxo sanguíneo e do consumo de oxigênio. Segundo Eliason et al.(2008) o tempo de digestão depende da temperatura e da quantidade de alimento ingerido, em refeições de 0,5 a 3,5% do peso vivo a digestão pode demorar de 12 até 76 h em trutas.

O oxigênio dissolvido na água é um dos fatores limitantes para o crescimento dos peixes em sistemas intensivos onde são cultivados em altas densidades e a demanda de oxigênio é alta. Quando o alimento é fornecido em um pequeno número de refeições o consumo de oxigênio pode dobrar após a ingestão (TRAN-DUY et al., 2012).

Outro exemplo do efeito da taxa de alimentação no desempenho de peixes foi verificado por Kunni (2010) ao trabalhar com kinguio (*Carassius auratus*) com peso inicial de 5 g até 60g, observando que a taxa de alimentação de 5% na maior frequência (24 refeições) resultou em melhor desempenho produtivo e ganho de peso semelhante aos que receberam 10% do peso vivo. Segundo o autor, é importante definir a taxa de alimentação que promove o melhor crescimento, sem que haja desperdício de ração e comprometimento da qualidade da água. Ressalta-se que grande parte dos trabalhos onde a frequência de alimentação tem sido testada o alimento é fornecido "*ad libitum*" ou em taxas muito altas, não aproveitando os benefícios da alta frequência alimentar, pois os peixes param de consumir o alimento nas primeiras refeições, quando são saciados.

Peixes que possuem hábito alimentar onívoro e fitoplanctófagos, que se alimentam frequentemente em condições naturais, quando criados em cativeiro ainda devem ser alimentados em alta frequência, pois por possuírem estomago pequeno, e com pouca dilatação, tem seu consumo limitado quando são oferecidas poucas refeições diárias (SOUSA, 2012).

Cunha et al. (2013) estudando juvenis de Pompano *Trachinotus marginatus* de 4 a 6g constataram que estes apresentaram o melhor crescimento com taxa de alimentação de 8% do peso vivo por dia, e que o desempenho melhorou a medida que aumentava o número de refeições (4 até 8), os autores sugerem que um número de refeições maior do que 8 não melhora o desempenho daquela espécie, portanto não é necessário já que mantém o mesmo desempenho. Os autores sugerem que não sejam usadas frequências mais altas, pois podem resultar em custos desnecessários. Ressalta-se que quando é usada a alimentação automática não há aumento de custos quando em frequências altas.

Altas frequências alimentares também foram testadas para juvenis de pintado (20g), constatando-se que o aproveitamento da ração foi melhor quando a taxa de alimentação foi 4% em alta frequência do que em menor número de refeições. Quando a ração foi oferecida em excesso, 8% do peso vivo a frequência alimentar mais alta não resultou em maior crescimento, portanto a frequência alimentar mais alta melhora o aproveitamento do alimento mesmo em peixes carnívoros, desde que o alimento não seja oferecido em excesso (ALEXANDRE, 2010).

A utilização de alimentadores automáticos no cultivo de rã-touro, possibilitando o fornecimento de ração em alta frequência, também se mostrou eficiente proporcionando vantagens significativas no desempenho produtivo destes animais (SOUSA et al., 2010; CASTRO, 2012).

USO DE ALIMENTADORES AUTOMÁTICOS NA PISCICULTURA

O fornecimento manual de ração limita a intensificação do cultivo de peixes, quando é necessário fornecer o máximo possível de ração aos peixes com o menor desperdício. Os sistemas de alimentação automática de peixes em países com aquicultura moderna variam desde dispensadores que não necessitam de eletricidade até sistemas de alimentação avançados e computadorizados que controlam a oferta de alimento de acordo com o apetite dos peixes (LEKANG, 2009).

Os alimentadores encontrados no mercado brasileiro foram projetados para viveiros, lançando a ração a longas distâncias e inviabilizando sua utilização em tanques-rede (SOUSA et al., 2012) pois seria necessário um alimentador para cada tanque-rede aumentos os custos com este insumo. Em locais onde há a necessidade de deslocamento de pessoal e de embarcação para o fornecimento de ração aos peixes, o custo da mão-de-obra e de combustível também se torna elevado e desta forma os custos de produção também aumentam (BERESTINAS, 2006).

A automação do oferecimento de ração aos peixes além de viabilizar a piscicultura industrial proporciona um caráter sustentável a atividade, diminuindo os impactos ambientais comumente visíveis em produções de larga escala (KUNNI, 2010). Segundo Papandroulakis et al. (2002), o sistema de alimentação automatizado apresenta características desejáveis para a aquicultura industrial, e investimentos no manejo alimentar podem ser alternativa rápida e eficiente com redução de até 40% dos custos com a mão-de-obra. Em um contexto geral, a alimentação automática tem por finalidade aumentar a produtividade, reduzir o desperdício, aumentar a uniformidade dos lotes e a eficiência alimentar (OLIVEIRA, 2010).

Para melhorar o aproveitamento do alimento e desempenho produtivo dos organismos aquáticos, Agostinho et al. (2004;2010) desenvolveram alimentadores automáticos adequados para o fornecimento de ração em tanque-rede, possibilitando o fornecimento de alimento em alta frequência e no período noturno.

São evidentes as vantagens obtidas com a utilização de alimentadores automáticos, e sua eficiência no cultivo de peixes contribui positivamente para a sustentabilidade da produção. A utilização destes alimentadores melhora o manejo alimentar no cultivo de tilápia-do-Nilo em tanque-rede e pode resultar em uma economia de até 360 kg de ração por tonelada de peixe produzido, aumentando a produção de tilápia e diminuindo a poluição ambiental (SOUSA et al., 2012).

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA SUPERVISÃO, AUTOMAÇÃO E CONTROLE NA AQUICULTURA

Com o advento do circuito integrado (1960) e do microprocessador (1970), a quantidade de inteligência que pode ser embutida em uma máquina a um custo razoável se tornou enorme. A automação está intimamente ligada à instrumentação, os diferentes

instrumentos são usados para realizar a automação com as funções de medir, transmitir, comparar e atuar no processo, com pequena ou nenhuma ajuda humana. Os sensores realizam a interface entre o sistema físico e o sistema de controle eletrônico, levando informações do processo para o controlador. Os sensores de temperatura e oxigênio são os principais para o monitoramento e automação da aquicultura (PAREDE, 2011).

Nos países desenvolvidos as grandes pisciculturas intensivas têm melhorado seus índices zootécnicos e o manejo usando a automação (TRABACHINI, 2013; LEKANG, 2009), tornando a exploração cada vez mais competitiva e rentável (SUZUKI & HERNANDEZ, 1999), entretanto no Brasil ainda predomina a alimentação manual.

A prática convencional de alimentação manual é baseada no uso de tabelas e na observação e experiência do tratador para ajustar diariamente a quantidade de ração. A alimentação manual é baseada na atividade alimentar dos peixes. Entretanto, em tanques-rede esta pratica é difícil à medida que são usados tanques maiores e mais profundos. Para a obtenção de uma estimativa de consumo de alimento, uma técnica comum no cultivo de peixes em tanque rede de grande volume é o monitoramento da atividade alimentar por meio de câmeras subaquáticas. A ração é fornecida por um alimentador automático até que uma quantidade significativa de ração não consumida seja observada na câmera. A detecção dos pelets não consumidos também pode ser feita por radiação infravermelha e ultrassom. Em sistemas mais sofisticados a decisão sobre o numero de pelets não consumidos que desativam o alimentador é depende da interpretação do software ligado ao sistema de alimentação automática (BEVERIGE, 2004).

A “visão computacional” vem sendo frequentemente usada na indústria, porém, ainda pouco utilizada na aquicultura. A aplicação desta tecnologia na aquacultura possui limitações, pois os indivíduos inspecionados são sensíveis, se estressam facilmente e se movimentam para ambientes nos quais a luminosidade, visibilidade e estabilidade geralmente não são controláveis e os sensores precisam operar submersos ou em ambiente úmido. Esta técnica tem potencial para ser usada em todos as fases de produção: cria, recria e engorda até a despesca, em tarefas como contagem, medida de tamanho e estimativa da biomassa, detecção de sexo e inspeção de qualidade, identificação de espécies e de estoques, monitoramento do bem estar e comportamento (ZION, 2012).

Um exemplo da aplicação da visão computacional na aquicultura foi a técnica desenvolvida por Ziu et al. (2014) para medir a atividade alimentar de cardumes de salmão do atlântico *Salmo salar*, quando os movimentos de captura do alimento foram gravados por uma câmera colocada acima do tanque de criação. A analise da atividade alimentar foi baseada na soma dos diferentes frames com o movimento dos peixes. Com base nestes dados um índice de atividade alimentar baseado na visão computacional foi determinado para medir a atividade alimentar dos peixes em um determinado período de maneira rápida e a baixo custo.

Outras técnicas também podem contribuir para a automação na aquicultura, como a telemetria, que tem avançado de tal forma que a fisiologia e o comportamento dos peixes podem ser monitorados em tempo real. Sistemas inteligentes de monitoração da alimentação de peixes evitam o desperdício com ração e ajustam a quantidade de alimento. Estas informações podem ser usadas para desenvolver um sistema de alimentação automático, a partir do nível de apetite do peixe (CUBITT et al., 2008).

SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO ANIMAL

A demanda por alimentos de origem animal é crescente, o que provoca constante busca de aperfeiçoamento de produção. O monitoramento das etapas envolvidas no processo produtivo como um todo, deve satisfazer a uma série de demandas éticas ao mercado consumidor. A zootecnia de precisão se enquadra nestes parâmetros no intuito de adicionar precisão nas ações ligadas à produção animal. O uso de tecnologia adequada permite maximizar a eficiência do sistema produtivo, monitorando tanto suas etapas críticas de produção, como alcançar seu objetivo, que é otimizar a produção animal e obter alimento de qualidade com agregação de valor ao produto, pois a tendência é que a atividade de produção industrial de animais se torne uma atividade mais precisa, dependendo menos de variáveis casuísticas e mais de decisões inteligentes. É justamente nesse ponto que se reforça o papel da Zootecnia de Precisão (NÄÄS, 2011).

De acordo com Pandorfi et al. (2012) a zootecnia de precisão fornece meios ao produtor de monitorar seu empreendimento de forma prática, e alcançar índices produtivos com base em informações geradas por sistemas especializados. O homem nunca deixará de ser peça essencial em qualquer modelo produtivo, de modo que os

novos conceitos propõem é que o homem passa a ser um controlador do sistema e não mais um coletor de dados. No futuro, seremos bombardeados com informações, em intensidades que vão muito além da nossa capacidade de assimilação, mas com a ajuda tecnológica disponível, é possível selecionar as informações úteis, e assim, obter acesso aos dados. Deste modo, teremos condições de controlar e intervir de maneira muito mais eficiente no sistema produtivo (CHIZZOTTI & VALENTE, 2014).

Com isso, é possível desenvolver modelos de integração de sensores, controlador e comunicador. Em uma revisão utilizando sensores para monitoramento e controle do ambiente de piscicultura, Alves e Júnior (2013) observaram que o uso da telemetria permite monitorar o ambiente a distancia e em tempo real. As informações dos dados obtidos através dos sensores foram transmitidas via mensagem SMS para um celular com sistema operacional andróide, assim, o produtor consegue tomar decisões de maneira precisa onde quer que esteja.

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL- CLP

A automação com controladores lógicos programáveis é hoje a tecnologia de controle de processos industriais mais amplamente utilizada. Um CLP é um tipo de computador industrial que pode ser programado para executar funções de controle; esses controladores reduziram muito a fiação associada aos circuitos de controle convencional a relé, além de apresentar benefícios como a facilidade de programação e instalação, controle de alta velocidade, compatibilidade de rede, verificação de defeitos e conveniência de teste e alta confiabilidade (PETRUZELLA, 2011).

O CLP foi idealizado nos Estados Unidos da América ao final da década de 1960, pela indústria automobilística, que na época tinha a necessidade de criar um elemento de controle versátil e, ao mesmo tempo, com uma rápida capacidade de modificação da sua programação (SOUSA, 2004).

O controlador lógico programável é um microprocessador que usa memória programável para armazenar instruções e implementar funções de lógica, sequência, temporização e aritmética para controlar eventos e pode ser facilmente reprogramado para diferentes tarefas (BOLTON, 2008). Este equipamento bastante versátil e de fácil utilização vem se aprimorando constantemente diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações (PINTO, 2008). Os CLPs têm sido incorporados de forma

crescente e irreversível na área industrial, comercial e até residencial, como é o caso das chamadas casas inteligentes (MAGALHÃES et al., 2003).

O mesmo possui diferentes linguagens, entre elas, o diagrama LADDER, sendo o mais utilizado na indústria e é bastante disponível (MOREIRA et al., 2013).

Visto que um CLP pode ser considerado como um computador, o seu modelo segue de perto o de um sistema computacional. Concretamente, engloba "hardware", "software", dados e procedimentos. Assim, os elementos básicos que constituem o modelo de um CLP são: Unidade Central de Processamento (CPU); Sistema Operacional; Memória de programa e de dados; Entradas (Inputs) e saídas (Outputs); Comunicações e Alimentação (BARROS, 2006).

Este microprocessador deve estar ligado a outros dispositivos capazes de coletar informações (sensores) e dispositivos capazes de atuar (atuadores) só assim o sistema será completo. Alimentar as entradas do CLP com informações coletadas pelos sensores no ambiente são cruciais, só assim o mesmo poderá processá-las. Os sensores analógicos ou digitais são sem dúvida o braço direito da automação, estes dispositivos que podem ser desde uma simples chave ao mais sofisticado sensor são ligados as entradas do CLP (SILVA, 2011).

Sistemas de automação têm grande potencial de uso na agropecuária e mecanização. Esses sistemas são utilizados na agricultura e zootecnia de precisão, para automatizar processos, monitorar melhor os sistemas, aperfeiçoar a produção e reduzir perdas (SILVA, 2001). A tecnologia pode ser aplicada no controle de condições climáticas em casas de vegetação (CANSADO & SARAIVA, 2003), acionamento de irrigação (VASCONCELOS et al., 2012) além de auxiliar sistemas de energias renováveis com energia fotovoltaica (ALVES & CAGNON, 2010; PRESENÇO & SERAPHIM, 2010) em pulverizações (FIGUEIREDO & ANTUNIASSI, 2006).

A utilização dos CLP no controle de alimentadores automáticos para peixes e rãs com correção diária da oferta de acordo com o crescimento diário e ajuste instantâneo da quantidade de ração de acordo com a temperatura e oxigênio dissolvido na água foi proposta por Agostinho et al. (2012). Os autores desenvolveram um programa para CLP (Aqui-O-Matic) que é carregado no CLP com as rotinas necessárias para as temporizações da oferta de ração e as correções de acordo com a variação nos

parâmetros da água por sensores de temperatura e oxigênio, conectados a entrada do CLP.

CORREÇÃO DIÁRIA DE OFERTA DA RAÇÃO COM BASE NA CONVERSÃO ALIMENTAR

A quantidade de alimento a ser fornecido é baseada no peso total dos peixes dentro de cada tanque-rede, corrigida quinzenalmente após as biometrias com base em tabelas de consumo de ração que foram elaboradas de acordo com o peso médio e idade dos peixes (SANDOVAL JÚNIOR et al., 2010).

Utilizando controladores lógico programáveis e o programa "Aqui-O-Matic" desenvolvido por Agostinho (2014), Castro et al. (2014) testaram o sistema de automação para controlar alimentadores automáticos instalados sobre baias de rãs, programados para fornecer ração de acordo com peso médio das rãs (3% do peso vivo).

O CLP corrige o peso médio dos animais diariamente com base no ganho de peso estimado pela conversão esperada, corrigindo diariamente a quantidade de ração a ser oferecida. A correção diária da quantidade de alimento oferecido resulta em melhores conversões, pois a oferta de ração aumenta conforme os animais crescem. Quando a correção é feita quinzenalmente, a quantidade de ração no final da quinzena pode não ser suficiente e comprometer o crescimento dos animais.

No presente estudo foram realizados experimentos com o objetivo de avaliar o efeito do período de alimentação e do número de refeições sobre o desempenho de tilápias criadas em tanque-rede alimentadas com taxas de alimentação de 0,5% do peso vivo e 1,5% do peso vivo corrigida diariamente com base na conversão alimentar esperada. Este estudo está apresentado no capítulo II intitulado:

"Automação do fornecimento de ração para tilápias com correção diária da taxa de alimentação baseada na conversão alimentar". A redação deste capítulo foi feita de acordo com as normas de publicação da revista *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. R., JUNIOR, C. R. S. Telemetria no monitoramento e controle no ambiente de piscicultura**.** In: SIMPEEX – Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão. 7º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. 2013, Inhumas. **Anais...** Inhumas, 2013.

ALVES, A. F., CAGNON, J. A. Desenvolvimento e avaliação de desempenho de um sistema de posicionamento automático para painéis fotovoltaicos. **Revista Energia na Agricultura**, v.25, n.2, p.1-19, 2010.

AGOSTINHO, C. A. et al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos**. Brasil. PI10055363, 3 dez. 2010. INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

AGOSTINHO, C. A. et al. **Dispensador Automático de Ração.** Brasil. PI04036123, 23 ago. 2004. INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

AGOSTINHO, C.A., CONTESSOTI JUNIOR, J., AGOSTINHO, S.M.M., CASTRO, C.S., RIBEIRO, R.R., ARGENTIM, D. Automação no fornecimento de ração com base nas variações da temperatura da água e ganho diário de peso de peixes e rãs. In: 8º MOSTRA CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS. 16ª MOSTRA CIENTÍFICA DA FMVZ. 19º REUNIÃO CIENTÍFICA DA FAZENDA LAGEADO. 2012. Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2012.

AGOSTINHO, C. A. et al. Inovações no manejo alimentar de tilápias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21. 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Zootec, 2011. p.1-8.

ALEXANDRE, J. S. **Taxa de alimentação e frequência alimentar para surubins criados em tanque-rede: desempenho produtivo e digestibilidade de proteína.** 2010. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.

AMANCIO. A. L. L. **Características de crescimento e composição corporal da tilápia nilótica (Oreochromis niloticus) linhagem GIFT**. 2011. 91f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

AYROZA, D. M. M. R., et al. Procedimentos para regularização de projetos de cultivo de peixes em tanques-rede no estado de são Paulo. **Pesquisa e Tecnologia –APTA**, v.3, n.2, 2006.

BARBOSA, A. C. A. et al. **Cultivo de tilápias em gaiolas**. Natal, RN: EMPARN, v. 17. 2010. 33p.

BARBOSA, M. C., et al. Taxa alimentar no desempenho de juvenis de robalo-peva em tanque-rede. **Acta Scientiarium. Animal Sciences**, v.33, n.4, p.369-372, 2011.

BARROS, M. R. A. **Estudo da automação de células de manufatura para montagens e soldagem industrial de carrocerias automotivas**. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

BRASIL - Ministério da Pesca e Aquicultura. 2013. Balanço 2013 da Pesca e Aquicultura. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura> Acessado em: 09 jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura. Acessado em: 09 jun. 2014.
59p.

BERESTINAS, A.C. **Efeito de diferentes rações comerciais e frequências alimentares no crescimento de juvenis de robalo-peva, Centropomus parallelus Poey, 1860**. 2006. 19f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2006.

BORBA, M. R. et al. Licenciamento de piscicultura em tanques-rede em águas da união no território cantuquiriguaçu. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFFS, 2, 2012, Fronteira do Sul, RS. **Anais...** Fronteira do Sul: SEPE, 2012.

BOLTON, W. Mecatrônica: uma abordagem multidisciplinas. Editora. 4 ed. https://www.google.com.br/?gfe_rd=cr&ei=ogTCU_7CB8u48weM3YFg#q=clp&tbm=bks.

CANSADO, R. S., SARAIVA, A.M. Agrilogic - sistema experimental para controle climático de casas de vegetação. In: IV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E À AGROINDÚSTRIA, 2003, Porto Seguro, BA. **Anais:** do IV SBIAgro. Lavras, MG, 2003. v.2. p.209 – 212 (08-116), 2003.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, supl. especial, 2010.

CHIZZOTTI, M. L., VALENTE, E. E. L. Zootencia de precisão: Uso de sensores na fazenda para maximizar a produtividade. In...XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2014, Vitória –ES. **Anais**...Vitória: ZOOTEC, 2014.

CASTRO, C. S., et al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency. **Aquaculture**, v.326-329, p.123-128, 2012.

CASTRO, C. S. **Frequência alimentar e período de alimentação no cultivo de rã-touro em tanque-rede.** 2013. 72 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CASTRO, C.S., et al. Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding. **Aquacultural Engineering**, v.61, p. 43–48, 2014.

CREPALDI, D. V. et al. A situação da aquacultura e da pesca no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3/4, p.81-85, 2006.

CUNHA, L.V. et al. Feeding rate and frequency on juvenile pompano growth. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.8, p.950-954. 2013.

ELIASON, E.J., HIGGS, D.A., FARREL, A.P. Postprandial gastrointestinal blood flow, oxygen consumption and heart rate in rainbow trout (Oncorhinchus mykiss). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 149, p.380-388, 2008.

ENCARNAÇÃO, R. J. J. **Análise do perfil de ácidos gordos de camarinha, *Palaemonetes varians.*** 2013, 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica-Produção Animal) -Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.

FAO. **Food Outlook. Biannual Report on Global Food Markets**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/019/i3473e/i3473e.pdf.> Acessado em: 02/03/2014.

FERREIRA. L. S. B. P. Análise técnica de visitas a cultivos em tanque-rede em diferentes regiões do Brasil. 2010. Monografia (Engenheiro de Aquicultura). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FULBER, V. M., et al. Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dois níveis de proteína. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p. 77-83, 2010.

FIGUEIREDO, Z. N., ANTUNIASSI, U. R. Uso de controladores lógico programável para ensaios de avaliação de desempenho de sistemas de controle eletrônico para pulverizadores. **Revista Energia na Agricultura**, v.21, n.2, p.134-146, 2006.

KUNNI, E. M. F. **Frequência alimentar e taxa de alimentação para kinguio criado em hapa: desempenho produtivo e avaliação econômica.** 2010, 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

LEKANG, O. **Aquaculture engineering**. Blackwell Publishing Ltd, 2009. 340 p.

LOPES, A. J. L., NETO, C. B. **Programação CLP: uma aplicação para controles de elevadores**. Monografia (Engenharia da Computação). 2006. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Curso da Engenharia da Computação, Belém, 2006.

MAGALHÃES, R. N. et al. Controlador lógico programável no contexto da qualidade da energia elétrica. V SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA. Aracajú, 2003.

MASSAGO. H. et al. Crescimento de quatro linhagens de tilápia Oreochromis niloticus. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, v.8, n.4, p.397-403, 2010.

MOREIRA, H. L. M., et al. **Fundamentos da Moderna Aquicultura.** Canoas: Ed. ULBRA, 2001. 200p.

MOREIRA, M. V. et al. Implementação de uma rede de petri para diagnose online de falhas em controladores lógicos programáveis. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE. Anais...Fortaleza, 2013.

NOGUEIRA, A. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Sebrae, Bahia, Salvador, 2007. 23p.

OLIVEIRA, L. C. **Altas frequências de arraçoamento nas fases iniciais da criação de tilápias em hapas.** 2010, 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

OLIVEIRA, F. A. **Taxas e intervalos de alimentação na produção de tilápia em tanque-rede com dispensador automático de ração.** 2007, 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PANDORFI, H. et al. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.558-568, 2012.

PAREDE, I. M.; GOMES, L.E.L.G.; HORTA, E. **Eletrônica: automação industrial.** Manual técnico Centro Paula Souza. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. Coleção Técnica Interativa. Série Eletrônica, v. 6, 2011.

PAPANDROULAKIS, N. et al. An automated feeding system for intensive hatcheries. **Aquacultural Engineering**, v.26, p.13-26, 2002.

PEREIRA, A. A. B. et al. Performance of Tambaqui (Colossoma macropomum) in Cages, under Different Percentage of Feeding. **Scientific Electronic Archives**, v.5, n.1, 2014.

PETRUZELLA, F. D. Controladores lógicos programáveis. Editora Mc Graw Hill. 4 ed. New York;

PINTO. P. H. Funcionamento de um controlador lógico programável (CLP). Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/91305696/20080703-7439-Funcionamento-de-Um-CLP>. Acessado em: 05 maio, 2014.

PRESENÇO, J. F., SERAPHIM, O. J. **Desenvolvimento de um sistema de controle para avaliação de fontes de energias renováveis no bombeamento de água.** Revista Energia na Agricultura**,** v.25, n.4, p.83-96, 2010.

ROUBACH et al., **Nutrição e manejo alimentar na piscicultura**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 14p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos 23), 2002.

ROCHA. C. M. C. et al. Avanços na pesquisa e desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.iv-vi, 2013.

SANDOVAL JÚNIOR, P., TROMBETA, T.H., MATTOS, O.B. **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. Brasília. Codevasf, 2010. 69 p.

SAMPAIO, J. M. C., BRAGA, L. G. T. Cultivo de tilápia em tanques-rede na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – Bahia. Revista **Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.6, n.2, p. 42-52, 20, 2005.

SANTOS, et al. Tambaqui, segundo maior peixe de escama, é parasitado em piscicultura de tanque-rede da Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v.43, n.1, 2013.

SIDONIO, L. et al. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades**. 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/system/modules/br.gov.bndes.prototipo/templates/tmp_resultado_busca_publicacoes.jsp>. Acessado em: 14/05/2014.

SILVA, I. J. O**. Automação dos sistemas para aumento do conforto animal**. Disponível em:< http://www.nupea.esalq.usp.br/producao-cientifica>. Acessado em: 02 maio, 2001.

SILVA, C. **O controlador lógico programável**. Clube da Eletrônica, Automação e Controle. Disponível em:

<http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Capitulo%20002%20-%20Controladores%20logicos.pdf>. Acessado em: 01 maio, 2011.

SOUSA, M. A. B. **Estudo comparativo entre a aplicação de sistemas dedicados e a utilização de controladores lógico programáveis na automação de sistemas prediais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SOUSA, R. M. R., et al. Recria de rã-touro (Rana Catesbeiana) em tanques-rede alojados em viveiros de tilápia. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.225, p.31-38, 2010.

SOUSA, R. M. R. **Qualidade da água e desempenho produtivo da tilápia do Nilo alimentada em diferentes frequências e períodos por meio de dispensador automático**. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SOUSA, R. M. R. **Frequência alimentar para tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) nas fases de reversão e pós-reversão sexual**. 2010, 55f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUSA, R. M. R. et al. Productive performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.192-197 2012.

SUZUKI, M. A. A., HERNANDEZ, F. B. T. **Automação de sistemas de irrigação**. Capacitação em Agricultura Irrigada. 1999. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. Disponível em:< http://www.agr.feis.unesp.br/curso2.htm>. Acessado em: 10 maio, 2014.

SUSSEL, F. R. **Alimentação na criação de peixes em tanque-rede**. APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), Assis, SP. 2008. 14p. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/alimentacao_peixes.pdf>. Acessado em: 02 maio, 2014.

TRABACHINI, A. **Sistema automatizado de alimentação automatizada para suínos visando aplicação em rastreabilidade animal.** Dissertação (Mestrado em Ciências). 2013. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

TOYAMA. G. N., et al. Suplementação de vitamina C em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, 2000.

VASCONCELOS, H. S. et al. **Controle da irrigação via plc com acionamento remoto de válvulas latch por rádio frequência**. 2012 INOVAGRI – International Meeting. IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza, 2012.

ZION, B. The use of computer vision technologies in aquaculture – A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.88, p. 125-132, 2012.

CAPÍTULO II

Automação do fornecimento de ração para tilápias com correção diária da taxa de alimentação baseada na conversão alimentar

Automação do fornecimento de ração para tilápias com correção diária da taxa de alimentação baseada na conversão alimentar

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do período de alimentação e do número de refeições sobre o desempenho de tilápias criadas em tanque-rede alimentadas com taxas de alimentação corrigida diariamente com base na conversão alimentar esperada. Foram realizados dois experimentos simultaneamente: experimento 1 consistiu em avaliar duas frequências alimentares (12 e 48 refeições/dia) com taxa inicial de alimentação de 0,5% do PV e três 3 repetições. O experimento 2 consistiu em avaliar duas frequências alimentares (12 e 48 refeições/dia) com taxa inicial de 1,5% do peso vivo com 3 repetições. Os peixes foram alojados em 24 tanques-rede de $1m^3$ distribuídos linearmente em um viveiro de 2000 m^2 com 5% de renovação de água. Em cada tanque-rede foram distribuídas 28 tilápias com peso inicial médio de 305±15,7g. O experimento teve duração de 60 dias, durante o verão, com temperatura média da água de 25,2 ±1,02 ºC. A ração comercial extrusada com 32% de proteína bruta foi fornecida por meio de alimentadores automáticos instalados ao tanque-rede controlados por CLP (controlador lógico programável). A frequência de 12 refeições/dia, no período diurno e taxa inicial de 1,5% do peso vivo, experimento 2 apresentaram melhores resultados de desempenho com peso médio de 513,85 g.

Termos para indexação: piscicultura, alimentador automático, fornecimento de ração, controlador lógico programável.

Automation of food supply for tilapia raised in cages with daily correction of the feed rate

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of the feeding period and the number of meals on performance of tilapia raised in cages fed with feed rates adjusted daily based on expected feed conversion. Two experiments were conducted simultaneously: Experiment 1 was to evaluate two feeding frequencies (0:48 meals / day) with an initial feed rate of 0.5% of PV and three repetitions. Experiment 2 consisted of evaluating two food frequency (24:48 meals / day) with an initial rate of 1.5% of body weight with 3 repetitions. Fish were housed in 24 cages of $1m^3$ distributed linearly in a nursery of 2000 m2 with 5% water renewal. In each cages were distributed 28 tilapia with initial weight of 305 ± 15,7g. The experiment lasted 60 days, during the summer with an average temperature of 25.2-± 1.02 ° C water. The installed automatic feeders controlled by PLC cages (programmable logic controller) provided a commercial extruded feed containing 32% crude protein. The frequency of 12 meals/day during daytime and initial rate of 1.5% of body weight, Experiment 2 showed better performance results with an average weight of 513.85 g.

Keywords: fish farming, automatic feeder, food supply, programmable logic controller.

INTRODUÇÃO

A ração representa a maior parte dos custos de produção na aquicultura e a definição da quantidade de alimento a ser oferecida é de grande importância para um manejo alimentar bem sucedido. O fornecimento de ração em excesso além do desperdício compromete a qualidade da água. O manejo alimentar adequado é, portanto tão importante quanto à utilização de uma ração de boa qualidade (Chang et al., 2005).

A criação de peixes em tanque-rede pode ser considerada um sistema superintensivo de cultivo, entretanto o oferecimento de ração é normalmente feito manualmente. A automação do arraçoamento deverá ser o próximo passo para alavancar a piscicultura. Quanto maior é a piscicultura mais complexo é o manejo alimentar, e o oferecimento manual de ração para 100 a 500 tanques-rede é uma tarefa difícil para o tratador o que pode comprometer a precisão da oferta de alimento (Agostinho et al, 2011).

O fornecimento manual de ração limita a intensificação do cultivo de peixes, pois é necessário fornecer o máximo possível de ração com o menor desperdício. Os sistemas de alimentação automática para peixes em países com aquicultura moderna variam desde dispensadores que não necessitam de eletricidade até sistemas de alimentação avançados e computadorizados que controlam a oferta de alimento de acordo com o apetite dos peixes (Lekang, 2009).

A utilização de alimentadores automáticos para aumentar a frequência alimentar de tilápias criadas em tanque-rede pode resultar em uma economia de até 360 kg de ração por tonelada de peixe produzido diminuindo a poluição ambiental (Sousa et al., 2012). Peixes que possuem hábito alimentar onívoro e fitoplanctófagos, que se alimentam frequentemente em condições naturais, quando criados em cativeiro devem ser alimentados em alta frequência. As tilápias, por possuírem estômago pequeno e com pouca dilatação, têm seu consumo limitado quando são oferecidas poucas refeições diárias (Sousa et al., 2012).

A etapa de procura do alimento depende do "estado de fome" do peixe, que por sua vez é controlado pela interação entre a quantidade de alimento no estômago e o nível de metabólitos na circulação do peixe (Abelha et al., 2001).

O conhecimento da melhor taxa de alimentação para uma determinada espécie de peixe é importante para promover o maior crescimento e a melhor eficiência alimentar e

prevenir o comprometimento da qualidade da água (Barbosa et al., 2011). Assim, a otimização do crescimento dos peixes só pode ser alcançada por manejo concomitante da qualidade de água, nutrição e alimentação (Cyrino et al, 2010).

A quantidade de alimento a ser fornecido normalmente é baseada no peso total dos peixes dentro de cada tanque-rede, corrigida quinzenalmente após as biometrias com base em tabelas de consumo de ração que foram elaboradas de acordo com o peso médio e idade dos peixes (Sandoval júnior et al., 2010).

Em seu estudo Castro et al. (2014a) utilizaram controladores lógico programáveis (CLP) para corrigir o peso médio dos animais diariamente a partir do ganho de peso estimado pela conversão esperada. A correção diária da quantidade de alimento resulta em melhores conversões, pois a oferta de ração aumenta diariamente conforme os animais crescem. Quando a correção é feita quinzenalmente, pode ocorrer sobra de ração no inicio do período e falta de ração no final.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do período de alimentação e do número de refeições sobre o desempenho de tilápias criadas em tanque-rede alimentadas com taxas de alimentação corrigida diariamente com base na conversão alimentar esperada.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro 2013. Foram usados 24 tanques-rede nos quais se distribuiu 672 tilápias da linhagem GIFT com peso inicial de 305 g, alojadas na densidade inicial de 28 peixes/m^3. Os tanques-rede foram distribuídos linearmente ao longo de viveiro escavado de 2000 m^2 com profundidade média de 2 metros e 5% de renovação diária de água.

Foram realizados dois experimentos simultaneamente com o intuito de avaliar o efeito do período de alimentação e do número de refeições sobre o desempenho de tilápias criadas em tanque-rede e alimentadas com taxas de 0,5% a 1,0% do peso vivo (experimento 1) e 1,5% a 3,0% do peso vivo (experimento 2).

Os tanques-rede possuíam malhas de 13 mm de tela metálica recoberta por PVC. Em cada tanque-rede, foi instalado um alimentador automático confeccionado em fibra de vidro com capacidade para 4 kg de ração.

O alimentador automático possuiu um motor elétrico que quando acionado, girava o disco fixado no seu eixo, liberando a ração em quantidade e intervalos pré-determinados (Fig. 1), sendo este disco ajustado quanto ao tamanho dos pellets de ração. (Agostinho, 2004; 2010).

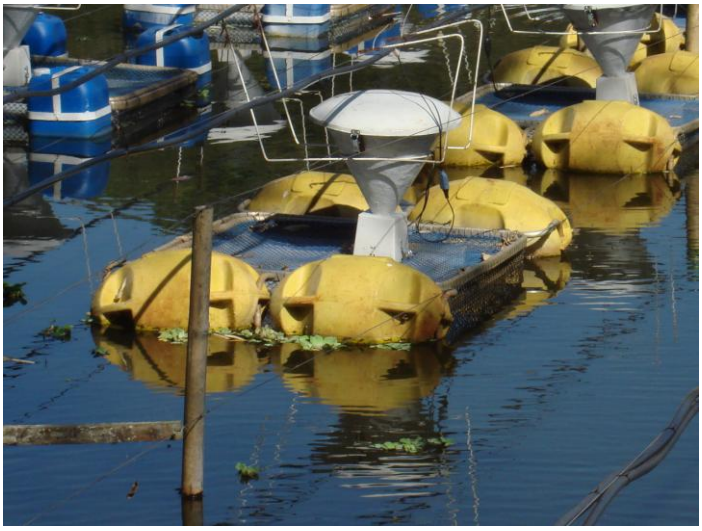

Figura 1. Alimentador automático acoplado ao tanque-rede.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com dois períodos de alimentação: diurno e noturno e dois regimes alimentares: 12 e 48 refeições diárias. A taxa de alimentação inicial utilizada no experimento 1 foi de 0,5% corrigida diariamente até 1% do peso vivo e no experimento 2 foi de 1,5% corrigida diariamente até 3,0% do peso vivo conforme o ganho de peso estimado pela conversão alimentar esperada de 1,5 de acordo com a literatura para tilápias de 300 a 600g em ambos os experimentos. Cada tratamento possuía três repetições.

A correção diária na oferta de ração nos dois experimentos foi possível devido à utilização de CLPs, assim a taxa era corrigida baseando-se no crescimento dos peixes até atingir a taxa de alimentação estipulada.

Os peixes foram alimentados com ração comercial que segundo o fabricante continha 32% de proteína bruta; 4% de extrato etéreo; 8% de fibra bruta; 0,5% de fósforo e 2,1% de cálcio. Os peixes de cada unidade experimental foram insensibilizados por imersão em água com óleo de cravo (100 mg/L de água) por aproximadamente 10 minutos estando de acordo como recomendado por Simões et al. (2010) e pesados individualmente em balança eletrônica (0,01g) para determinar as variáveis de desempenho (peso médio – PM; peso total – PT e ganho de peso total – GPT, a cada 30 dias.

O monitoramento da temperatura da água foi feito a cada 10 minutos por um sensor (PT 100) acoplado uma das entradas do CLP, enquanto o pH e oxigênio dissolvido foram mensurados semanalmente em três diferentes pontos do viveiro. A medição foi feita na entrada e saída da água e dentro dos tanques-rede.

O sistema de automação usado consistia de dois Controladores Lógico Programáveis da marca Dexter (mDX201), com oito saídas analógicas diferentes que acionavam os alimentadores de cada tratamento. O CLP foi programado em linguagem gráfica usando um software (Aqui-O-Matic) (Agostinho et al., 2014). Os cálculos do alimento a ser fornecido foram feitos para cada tratamento de acordo com a programação para período, taxa e frequência de alimentação.

A correção diária com base no peso estimado pela conversão alimentar esperada foi calculada usando a seguinte formula:

$$RD\ (g/dia) = \{PTy + [(PTy * Tx)/CAE)\} * Tx$$

Onde: RD = ração diária; Tx = taxa de alimentação; PTy = peso total do dia anterior; CAE = conversão alimentar esperada.

Os resultados de desempenho produtivo avaliados foram submetidos à análise fatorial, com a utilização do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG. As médias foram comparadas pelo Teste de Duncan, considerando o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Os valores de temperatura da água monitorados a cada 15 minutos durante o período experimental estão representados na Fig. 2. A temperatura média da água variou de 24,1 ºC a 26,5 ºC com média geral de 25,2 ±1,02 ºC.

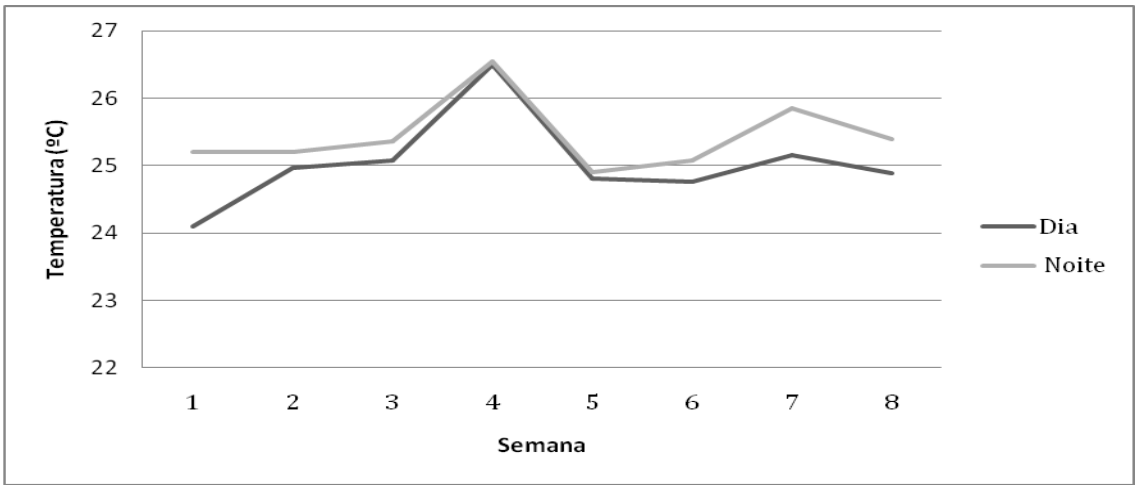

Figura 2. Médias semanais da temperatura da água de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro de 2013.

Os valores médios de oxigênio dissolvido na água nos períodos da manhã e da tarde, assim como os valores médios de pH monitorados semanalmente são apresentados na Fig.3. Os níveis de oxigênio no período da manhã variaram entre 1,7 a 2,3 mg/L com média geral de 2,01 ± 0,25 e no período da tarde variaram entre 4,3 a 5,6 mg/L com média geral de 5,2 ± 0,47. O pH do viveiro apresentou pouca variação com média geral de 6,5 ± 0,17 durante todo o período experimental.

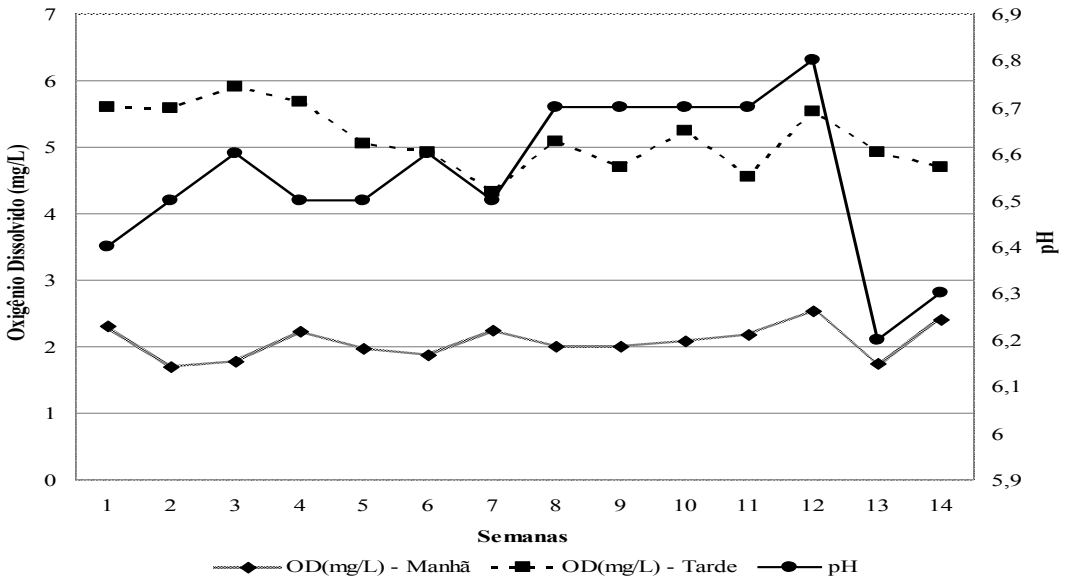

Figura 3. Médias semanais de pH, oxigênio dissolvido pela manhã e a tarde de 15 de dezembro de 2012 a 15 de fevereiro de 2013.

O controle dos alimentadores automáticos por meio de CLPs possibilitou a correção diária na oferta de ração com base no ganho de peso estimado pela conversão esperada (1,5:1). Na Fig. 4 são apresentadas as correções feitas na taxa de alimentação desde o inicio até o final do período experimental (60dias). A taxa inicial de 0,5% foi corrigida diariamente até 1% no final do experimento e a taxa de 1,5% também foi corrigida diariamente pelo CLP até 3% no final do experimento, acompanhando o crescimento dos peixes. No experimento 1, as tilápias receberam 0,5% de taxa de alimentação no início do cultivo atingindo 1,0% do peso vivo. Já no experimento 2, os peixes receberam 1,5% de taxa de alimentação até 3,0% do peso vivo. Como a taxa de alimentação foi sendo corrigida diariamente, assim, não houve sobras de ração no inicio do cultivo nem a falta de alimento no final do cultivo.

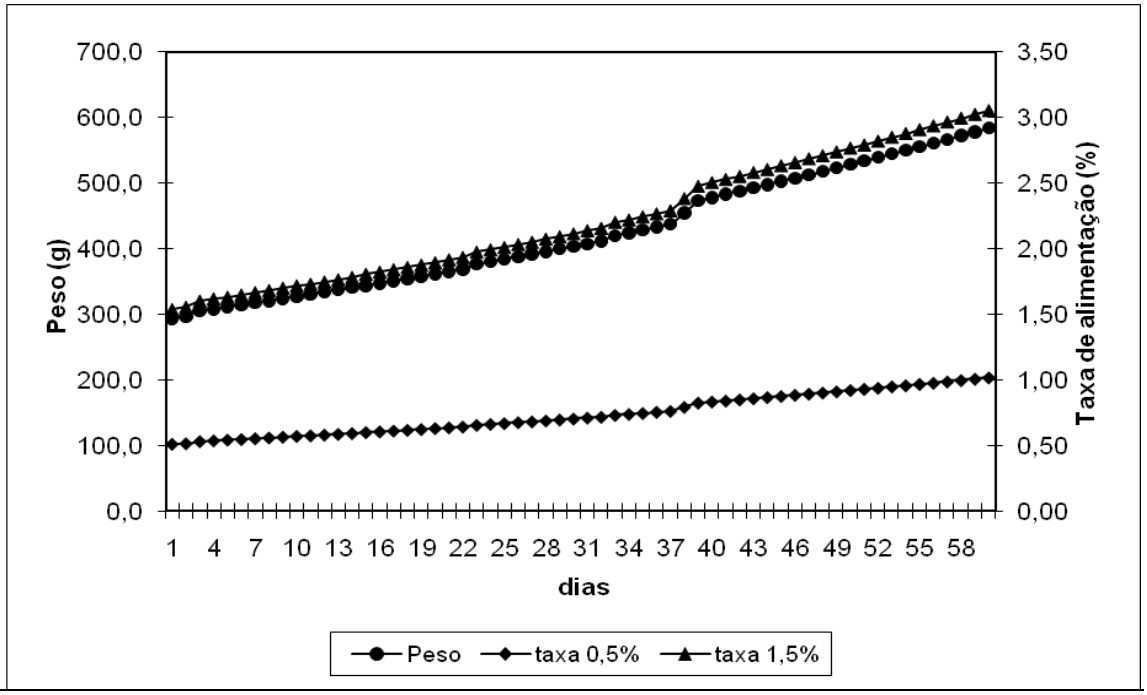

Figura 4. Simulação da correção da taxa diária de alimentação com base no ganho de peso diário estimado pela conversão alimentar esperada.

Não houve efeito interação no experimento 1 (p >0,05), deste modo, as tilápias submetidas aos diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa no peso médio final (PMF) nos primeiros 30 dias de criação (Tab. 1 e 2). Durante o período total de experimento 1, independente do período de alimentação, o regime de alimentação de 12 refeições diárias proporcionou melhores resultados de peso médio (PM) (Tab.1).

Tabela 1. Peso médio final (PMF) de tilápias de 0 a 30 dias e 0 a 60 dias de experimento com taxa de alimentação de 0,5% a 1,0% do peso vivo.

	Período de alimentação	Regime de alimentação	
Fase experimental		12	48
0 a 30 dias			
	Diurno	334,60aA	324,72aA
	Noturno	326,40aA	334,41aA
0 a 60 dias			
	Diurno	386,52aA	355,30bA
	Noturno	385,44aA	364,95bA

CV:21,37

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05); CV = Coeficiente de variação.

No experimento 2, durante o período de 0 a 60 dias, as tilápias alimentadas 12 vezes ao dia apresentaram melhor peso médio final ($p<0,05$), quando arraçoadas no período diurno, entretanto, aqueles alimentados 48 vezes ao dia apresentaram maior peso médio final quando alimentadas durante o período noturno.

Tabela 2. Peso médio final (PMF) de tilápias aos 30 e 60 dias de experimento, com taxa de alimentação 1,5% a 3,0% do peso vivo.

	Período de alimentação	Regime de alimentação	
Fase experimental		12	48
0 a 30 dias			
	Diurno	389,5aA	369,5aA
	Noturno	370aA	357,4aA
0 a 60 dias			
	Diurno	513,85aA	444,48bB
	Noturno	457,12bB	496,22aA

CV: 22,96

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan ($p<0,05$); CV = Coeficiente de variação.

Não houve efeito da interação e dos fatores principais ($p>0,05$) nos valores de peso total e ganho de peso total dos peixes independentes da taxa de alimentação, do período e da frequência de alimentação adotada Tab. 3 e Tab. 4.

Tabela 3. Peso total e ganho de peso total para tilápias durante os 60 dias de experimento, com taxa de alimentação de 0,5% a 1,0% do peso vivo.

	Período de alimentação	Regime de alimentação	
Variáveis de desempenho		12	48
Peso total (kg)			
	Diurno	10,69a	10,3ª
	Noturno	10,44a	10,09ª
Ganho de peso total (g)			
	Diurno	2049,5a	1702,6a
	Noturno	2040,2a	1574,2a

CV: 28,60

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan ($p<0,05$); CV = Coeficiente de variação.

Tabela 4. Peso total e ganho de peso total para tilápias durante os 60 dias de experimento, com taxa de alimentação de 1,5% a 3,0% do peso vivo.

	Período de alimentação	Regime de alimentação	
Variáveis de desempenho		12	48
Peso total (kg)			
	Diurno	13,79a	13,01a
	Noturno	12,57a	13,09a
Ganho de peso total (g)			
	Diurno	5225,4ª	4470,8,6a
	Noturno	3841,1ª	5332,1,2a

CV: 28,60

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan ($p<0,05$); CV = Coeficiente de variação.

DISCUSSÃO

A temperatura da água influencia no metabolismo dos peixes, por serem ectotérmicos afetando diretamente seu desempenho (Moura et al., 2007) consumo de ração (Loures, 2001), crescimento e ganho de peso (Piana et al., 2003). Este experimento foi conduzido no verão e a temperatura da água de 25,2 °C esteve adequada para a criação da tilápia durante todo o período experimental, embora o recomendado por Kubtiza (2003) seja entre 27°C a 32 °C.

Em relação ao pH, os valores encontrados durante o experimento estavam dentro do recomendado para a produção de tilápia (Mercante et al., 2007). Valores de pH inferiores a 4,0 e maiores que 11,0 podem causar a morte dos peixes, sendo os valores de 6,5 a 9,0 os mais adequados à vida aquática (Boyd, 2000).

Os teores de oxigênio dissolvido na água durante o experimento foram em média de 2,1 mg/L pela manhã e 5,2 mg/L a tarde. Para o bom desenvolvimento das tilápias, são requeridos níveis mínimos de 2 mg/L sendo o ideal acima de 5 ml/L (Barbosa et al. 2010). Quando os peixes são expostos por um longo período em condições inadequadas de oxigênio dissolvido, podem ter seu crescimento comprometido (Kubtiza, 2000).

Tran-Duy et al. (2012) cultivaram tilápia-do-Nilo com peso inferior a 100 gramas e superior a 200 gramas sob diferentes níveis de oxigênio dissolvido e verificaram que os peixes do tratamento com <100g apresentaram resultados satisfatórios de desempenho e consumo de ração a partir de 1,3 mg/L, enquanto que os peixes maiores (>200 g) exigiram níveis de oxigênio acima de 2,06 mg/L. No presente estudo, os

peixes alcançaram resultados satisfatórios em peso médio final com níveis de oxigênio dissolvido menores do que o encontrado por Tran-Duy et al. (2012).

Após a alimentação dos peixes é possível observar uma considerável redução nos níveis de oxigênio dissolvido na água (Imsland et al., 1995; Buentello et al., 2000), pois utilizam o oxigênio disponível para os processos de digestão e absorção (Eliason et al., 2008; Li et al., 2013). Ao final dessas atividades, é observada uma redução gradual do metabolismo até o nível de manutenção inicial. O conhecimento da magnitude e duração da taxa de consumo de oxigênio pós-prandial pode auxiliar na determinação da freqüência alimentar ideal (Cunha et al., 2009) bem como no período de alimentação.

A contínua renovação de água dentro dos tanques-rede também contribuiu para o aumento da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. Entretanto, a renovação de água no viveiro usado neste experimento era muito baixa, não ultrapassando 5% por dia. Em viveiros com baixa renovação geralmente ocorre o crescimento do fitoplâncton causando grande flutuação diária nos níveis de oxigênio dissolvido. De acordo com Baldisserotto (2009), lagos ou tanques de cultivo com pouca renovação de água estão mais sujeitos a níveis críticos de oxigênio dissolvido.

O melhor resultado de peso médio final dos peixes foi encontrado na segunda fase do experimento onde os peixes receberam a taxa de alimentação de 1,5% até atingirem 3% no final do experimento. Os peixes que receberam 48 refeições durante a noite com a maior taxa de alimentação apresentaram maior ganho de peso comparado aos que receberam 12 refeições com a mesma taxa de alimentação. A tilápia pode sobreviver a concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 0,3 mg/L durante a madrugada, nível consideravelmente abaixo dos limites de tolerância para a maioria das espécies de peixes (Popma e Masser, 1999). Portanto, quando a porção diária é fracionada em várias refeições, os picos de consumo de oxigênio para os processos digestivos e metabólicos são distribuídos durante o dia e a noite possibilitando melhor aproveitamento do alimento, contribuindo para o bem-estar e saúde dos peixes (Sousa, 2007).

Em estudo realizado com juvenis de tilápia-do-Nilo, submetidas a três diferentes fotoperíodos (24L:0E; 0L:24E e 12L:12E) com níveis de oxigênio de 4,0 a 8,5 mg/L, observou-se baixo desempenho nos peixes alimentados na escuridão contínua. De acordo com os autores, a ausência de luz diminuiu a taxa de consumo de alimento pelos peixes devido à má visualização do alimento, pois a tilápia pode ser considerada um

alimentador visual. Os baixos níveis de oxigênio dissolvido também podem ter contribuído para o baixo desempenho da tilápia (Mustapha et al., 2012), entretanto, os peixes do presente estudo apresentaram consumo de alimento no período noturno que garantiu resultados satisfatórios de desempenho mesmo em baixo nível de oxigênio (2,0 mg/L) comparado a 4,0 mg/L verificado no trabalho de Mustapha et al. (2012). Os resultados encontrados neste experimento são semelhantes aos verificados por Sousa et al. (2012), ao observarem atividade alimentar de tilápia durante a noite. Segundo o autor, a utilização de alimentadores automáticos possibilitou o fracionamento do alimento durante a noite, melhorando o aproveitamento da ração com redução dos resíduos e competição pelo alimento.

A eficiência dos alimentadores automáticos foi demonstrada no manejo alimentar de surubim (Alexandre, 2010), jundiá (Argentim, 2012), kinguio (Kunni, 2010) e na alimentação de rã- touro (Oliveira et al., 2009; Sousa et al., 2010; Castro et al., 2012; Castro et al., 2014a; Castro et al., 2014b), no entanto, ainda é comum o fornecimento de ração em poucas refeições diárias e em grandes quantidades, comprometendo o desempenho dos animais e a sustentabilidade da atividade, pois, neste tipo de manejo alimentar há sobras de ração que aumentam os custos de produção e comprometem a qualidade da água (Castro et al., 2014a). Todavia, são comuns práticas de manejo alimentar com fornecimento manual de ração variando de uma a oito refeições diárias (Carneiro e Mikos, 2005; Canton et al., 2007; Pouey et al., 2012; Martinelli et al., 2013), assim, a alimentação dos peixes limita-se apenas ao período diurno. Segundo Oliveira (2007) com a utilização dos alimentadores automáticos é possível aumentar o consumo da taxa oferecendo um maior número de refeições diárias e reduzir o tempo necessário para produção.

Quando o alimento é oferecido em altas frequências à demanda de oxigênio não atinge níveis críticos, como é o caso do oferecimento da porção diária em poucas refeições. Além disso, espécies como a tilápia que possuem trato digestório longo, hábitos alimentares onívoros e podem aproveitar melhor os nutrientes dos alimentos quando a porção diária de ração é fracionada em várias refeições (Sousa, 2007).

O cultivo dos peixes do presente estudo ocorreu no verão e quantidade de oxigênio dissolvido na água pela manhã foi em média muito baixa, chegando a níveis críticos, no entanto, o fracionamento da porção diária em várias refeições com correção

diária da taxa facilitada pela automação evitou mortalidade pelo estresse crônico com baixos níveis de oxigênio principalmente pela madrugada.

CONCLUSÃO

A automação do fornecimento de ração para tilápias por meio de CLPs no período diurno e noturno mostrou-se viável. As tilápias que receberam 12 refeições diárias no período diurno com correção da taxa de alimentação de 1,5% a 3,0% apresentaram resultados satisfatórios para peso médio final. No período de arraçoamento noturno a resposta ao regime de alimentação depende da taxa de alimentação adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. Acta Scientiarum v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001.

AGOSTINHO, C. A.; CONTESSOTI JUNIOR, J.; AGOSTINHO, S. M. M., et al. Aqui o Matic: Programa para a automação do fornecimento de ração para peixes e rãs com base nas variações da temperatura da água, no oxigênio dissolvido e no ganho diário de peso estimado com base na conversão esperada. Registro de programa INPI. 2014.

AGOSTINHO, C. A.; OLIVEIRA, L. C.; AGOSTINHO, L. M.; et al. Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral. Brasil. PI10055363, 03 dez. 2010. INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

AGOSTINHO, C. A.; CASTRO, C. S.; ARGENTIM, D.; et al. Inovações no manejo alimentar de tilápias. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. Maceió. *Anais...* ZOOTEC: Maceió, 2011.

ALEXANDRE, J. S.; AGOSTINHO, C. A.; CASTRO, C. S. et al. D.Desempenho produtivo de híbridos de pintado (Pseudoplatystoma curruscans) e cachara (Pseudoplatystoma fasciatum) submetidos a duas taxas de alimentação e a três frequências alimentares.. In: 46 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá. Inovação Cientifica em Zootecnia, 2009.

ALEXANDRE, J. S. Taxa de alimentação e frequência alimentar para surubins criados em tanque-rede: desempenho produtivo e digestibilidade de proteína**.** 2010. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.

BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 2º edição. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 352p.

BARBOSA, M. C., et al. Taxa alimentar no desempenho de juvenis de robalo-peva em tanque-rede. **Acta Scientiarium. Animal Sciences**, v.33, n.4, p.369-372, 2011.

BARBOSA, A. C. A.; MOURA, E. V.; SANTOS, R. V. Cultivo de tilápias em gaiolas.EMPARN- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Lagoa Nova – RN, 2010. 33p.

BARAS, E.; MELARD, C.; THOREAU, X. Influence of the feeding time on growth and feed conversion rate in juvenile tilapia Oreochromis niloticus. Cah. Etholfoldam Appl. Hum., v.15, n.1, p.71-80, 1995.

BOYD, C. E. Water quality: an introduction. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BUENTELLO, J. A.; GATLIN, D. M.; NEILL, W. H. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (Ictalurus punctatus). Aquaculture, v.182, p.339-352, 2000.

CANTON, R.; WEINGARTNER, M.; FRACALOSSI, D. M.; ZANIBONI FILHO, E. Influência da freqüência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. Rev. Bras. Zoo., v.36, n.4, p.749-753, 2007.

CARNEIRO, P. C. F.; MIKOS, J. D. Freqüência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen.* Ciência Rural, v.35, n.1, 2005.

CASTRO, C. S.; ARGENTIM, D.; NOVELLI, P. K. et al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs raised in cages and fed in different periods and high frequency. Aquaculture, v.433, p.1-5, 2014a.

CASTRO, C. S.; RIBEIRO, R. R.; AGOSTINHO, L. M. et al. Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding frequency. Aquaculture Engineering, v. 61, p.43-48, 2014b.

CASTRO, C. S.; AGOSTINHO, C. A.; ARGENTIM, D. et al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency. Aquaculture, v.326-329, p.123-128, 2012.

CHANG, C. M. et al. Development of an intelligent feeding controller for indoor intensive culturing of ee. Aquacultural Engineering, vo.32, p.343-353, 2005.

CHAGAS, E. C.; GOMES, L. C.; MARTINS JÚNIOR, H. et al. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.8, p.833-835, 2005.

CRESCÊNCIO, R.; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R. et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. Pesq. Agropec. Bras., v.40, n.12, 2005.

CUNHA, V. L.; RODRIGUES, R. V.; OKAMOTO, M. H. et al. Consumo de oxigênio pós-prandial de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus.* Ciência Rural, v.39, n.4, 2009.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGUESI, R. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.68-87, supl. especial, 2010.

EGNA, H. S.; BOYD, C. E. Dynamics of pond aquaculture. Boca Raton – Florida: CRC Press, 1997.

ELIASON, E. J.; HIGGS, D. A.; FARRELL, A. P. Postprandial gastrointestinal blood flow, oxygen consumption and heart rate in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, v.149, p.380-388, 2008.

GRAEFF, A.; PRUNER, E. N. Variáveis que podem interferir na sobrevivência e desenvolvimento da Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus) na região fria do Estado de Santa Catarina. Comunicación Científica. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, p.70-79, 2006.

HEILMAN, M. J.; SPIELER, R. E. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. Aquaculture, v.180, p.53-64, 1999.

HERRMANN, R. B.; WARREN, C. E.; DOUDOROFF, P. Influence of Oxygen Concentration on the Growth of Juvenile Coho Salmon. Transactions of the American Fisheries Society**,** v.91, n.2, 1962.

KUBTIZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 1. ed. Jundiaí: 2000. 285p.
LEKANG, O. Aquaculture engineering. Blackwell Publishing Ltd, 2009. 340 p.

KUBITZA, F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. 1. ed. Jundiaí: Gráfica Editora Degaspari, 2003. 229p

LI, X. M.; YU, L. J.; CHUAN, W. et al. The effect of aerobic exercise training on growth performance, digestive enzyme activities and postprandial metabolic response in juvenile qingbo (Spinibarbus sinensis). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v.166, n.1, p.8-16, 2013.

LOURES, R.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L. et al. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, Oreochromis niloticus (L.), associados às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. Acta Scientiarum, v.23, n.4, p.877-883, 2001.

MARTINELLI, S. G.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, L. P. et al. Densidade de estocagem e frequência alimentar no cultivo de jundiá em tanques‑rede. Pesq. Agropec. Bras., v.48, n.8, p.871-877, 2013.

MALLEKH, R.; LAGARDÈRE, J. P. Effect of temperature and dissolved oxygen concentration on the metabolic rate of the turbot and the relationship between metabolic scope and feeding demand. Journal of Fish Biology, v.60, p.1105-1115, 2002.

MERCANTE, C. T. J.; MARTINS, Y. K.; CARMO, C. F. et al. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. Bioikos, v.21, n.2, p.79-88, 2007.

MOURA, G. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; LANNA, E. T. A. et al. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-Nilo submetidas à diferentes temperaturas. Pesq. Agropec. Bras., v.42, n.11, 2007.

MUSTAPHA, M.; OLADOKUN, T.; SALMAN, M., AFOLAYAN, L. Optimizing the growth and survival of nile tilapia (oreochromis niloticus) through photoperiodic manipulations. Romanian J. of Zoology, v.57, n.2, p.129-137

OLIVEIRA, F. A.; AGOSTINHO, C. A.; SOUSA, R. M. R. et al. Manejo alimentar com dispensador automático na recria de rã-touro. Archivos de Zootecnia, v.58, p.598-592, 2009.

OLIVEIRA, F. A. *Taxas e intervalos de alimentação na produção de tilápia em tanque-rede com dispensador automático de ração*. 2007. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

OLIVEIRA, L. A. A. G.; ALMEIDA, A. M.; PANDOLFO, P. S. V. et al. Crescimento e produtividade de juvenis de robalo-peva a diferentes temperaturas e taxas de alimentação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, n.8, p.857-862, 2013.

PIANA, P. A.; BAUMGARTNER, G.; GOMES, L. C. Influência da temperature sobre o desenvolvimento de juvenis de piapara (Leporinus cf.obtusidens). Acta Scientiarum. Biological Sciencies, 25, n.1, p.87-94, 2003.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. Aquaculture: principles and practices. 2º ed. Norwell, Blackwell Publishing. 2005. 614 p.

POUEY, J. L. O. F.; ROCHA, C. B.; TAVARES, R.A. et al. Frequência alimentar no crescimento de alevinos de peixe-rei *Odontesthes humensis*. Semina: Ciências Agrárias. Londrina, v.33, n.6, p.2423-2428, 2012.

POPMA, T.; MASSER, M. Tilapia: life history and biology. SRAC, n.283, 1999.

SANDOVAL JÚNIOR, P., TROMBETA, T.H., MATTOS, O.B. Manual de criação de peixes em tanques-rede. Brasília. Codevasf, 2010. 69 p.

SIMÕES, L. N., PAIVA, G., GOMES, L. C. Óleo de cravo como anestésico em adultos de tilápias-do-Nilo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, n.12, 2010.

SOUSA, R. M. R. *Qualidade da água e desempenho produtivo da tilápia do Nilo alimentada em diferentes frequências e períodos por meio de dispensador automático*. 2007. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2007.

SOUSA, R. M. R.; AGOSTINHO, C. A.; OLIVEIRA, F. A.; ARGENTIN, D. Frequência alimentar e alimentação noturna de tilápias. Panorama da Aquicultura, v.16, n.95, p.49-51, 2006.

SOUSA, R. M. R.; AGOSTINHO, C. A.; OLIVEIRA, F. A. et al. Recria de rã-touro (Rana Catesbeiana) em tanques-rede alojados em viveiros de tilápia. Archivos de Zootecnia, v.59, n.225, p.31-38, 2010.

SOUSA, R. M. R.; AGOSTINHO, C. A.; OLIVEIRA, F. A. et al. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. Arq. Bras. Med. Vet. Zoo., v.64, n.1, 2012,

TRAN-DUY, A.; SCHRAMA, J. H.; DAM, A. A. V.; VERRETH, J. A. J. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture, v.275, p.152-162, 2008.

TRAN-DUY, A.; DAM, A. A. V.; SCHRAMA, J. W. Feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) in relation to dissolved oxygen concentration. Aquaculture Research, v.43, p.730-744, 2012.

VAN DAM, A. A.; PAULY, D. Simulation of the effects of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.). Aquaculture Research, v.26, p.427-440, 1995.

WANG, T.; LEFEVRE, S.; HUONG, D. T. T. et al. The effects of hypoxia on growth and digestion. In: RICHARDS, J. G., FARRELL, A. P., BRAUNER, C. J**.** Fish Physiology: HypoxiaCapitulo. 1º ed. Londres: Academic Press, 2009. Capítulo 8, p.382.