

ISSN 2316-8382

REVISTA ELETRÔNICA TÉCNICO-CIENTÍFICA DO IFSC

IFSC, nº 6 – Julho 2018
www.ifsc.edu.br

A sustentabilidade no contexto da educação
Profissional e Técnica: Implicações para o currículo

Crescimento e Sobrevivência de duas linhagens
de *Puntius Titteya* em aquário

Da queda das folhas aos átomos e circuitos elétricos

Estudo experimental dos tipos de corrosão em
metais sob condições salinas

Variabilidade percentual da glândula digestiva do
mexilhão Marron, Perna Perna (mollusca – bivalvia),
cultivado em Santa Catarina

Propagação e produção orgânica de *Physalis* na
região do extremo-oeste catarinense

Pesquisa participante no direcionamento de
tratamento de fitopatógenos

Construção e Controle de uma plataforma
experimental Ball and Beam

A proposta da Revista Técnico Científica do IFSC é a de publicação de artigos de caráter teórico ou aplicado, de pesquisas científicas e tecnológicas nas áreas de estudo, desenvolvidas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

A Revista é uma publicação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Reitoria: Rua 14 de Julho, 150 - Coqueiros. CEP: 88075-010 - Florianópolis - Santa Catarina.

Nenhuma parte desta revista poderá ser reproduzida. Todas as matérias publicadas são de exclusiva responsabilidade de seus autores. As opiniões nelas manifestadas não correspondem, necessariamente, às opiniões da Revista.

Mais informações:

www.ifsc.edu.br

+55 48 3877 9053

Catálogo na fonte elaborada por:
Camila Koerich Burin - CRB 14/969

EQUIPE EDITORIAL

EDITORES GERAIS

Clodoaldo Machado, IFSC - Reitoria

Jaciara Zarpellon Mazo, IFSC - Reitoria

Luiz Henrique Castelan Carlson, IFSC - Reitoria

Luciane Farias Carneiro, IFSC - Reitoria

Karoline Gongalves Nazário, IFSC - Reitoria

EDITORES / REVISORES DE TEXTO E ORTOGRÁFICO

Viviane Grimm, IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul

DESIGNER GRÁFICO

Maria Paula Tamburus Perotti

Catálogo na fonte pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina -
IFSC
Reitoria

Revista técnico-científica do IFSC [recurso eletrônico] / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. - n. 6 (jul. 2018). - Florianópolis: Publicação do IFSC, 2018.

69 p. : il.

Anual

Inclui bibliografias

ISSN 2316-8382

1. Educação. 2. Ciência e Tecnologia. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. II. Título.

CDD 370

Elaborada por: Camila Koerich Burin - CRB 14/969

EDITORIAL

A Revista Técnico-Científica, criada em 2010, surgiu com o intuito de fortalecer o trinômio “ensino, pesquisa e extensão” em um momento de ampla expansão territorial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC e diversificação das atividades desenvolvidas, promovidas, sobretudo pelo incremento da pesquisa científica e da oferta de cursos de pós-graduação, como o primeiro Mestrado Profissional da Instituição, iniciado em 2008. O lançamento da Revista também coincidiu com o aumento gradativo do fomento de bolsas de pesquisa para pesquisadores e de iniciação científica para estudantes, o incentivo a qualificação dos servidores em nível de mestrado e doutorado, dentre diversas outras ações, que alavancaram a pesquisa e a pós-graduação para um novo patamar.

Nesse número da Revista Técnico-Científica do IFSC retomamos a publicação de artigos, após uma pausa requerida para a reorganização das ações relativas a divulgação científica. Este volume conta com 9 artigos publicados, de caráter teórico e experimental, com temáticas relacionadas as diversas áreas de estudos em que o IFSC tem atuado, transitando pela área da Educação, da Física, da Engenharia, da Química, da Biologia e da Agroecologia.

O artigo de Solange M. Loureiro, Vera L. D. do V. Pereira e Waldemar Pacheco Júnior, que abre esta edição, busca identificar, no contexto da Educação Profissional e Tecnológica no Brasil, as implicações que

o paradigma da sustentabilidade traz para o currículo. Os autores observam que um currículo transformador, que caminhe para a sustentabilidade, deve priorizar uma mudança paradigmática, o que implica uma transformação de valores individuais e coletivos, bem como, deve ser pautado pela ética, promover a interdisciplinaridade e propiciar o entendimento das inter-relações entre as várias dimensões dos problemas sociais, ambientais e econômicos que são enfrentados na busca pela sustentabilidade. Assim, esse currículo precisa se assentar em formas de aprendizagem que permitam aos alunos desenvolverem seu senso crítico.

No segundo artigo, Fábio X. Wegbecher e Daniel S. Alves analisam o crescimento e a sobrevivência de duas linhagens de *Puntius titteya* em aquário, por meio de um experimento em que larvas recém eclodidas de ambas linhagens foram estocadas em seis aquários, divididos em dois tratamentos com três réplicas cada. O período experimental foi de sessenta dias e o crescimento e a sobrevivência das larvas foram averiguados por meio de biometria e contagem de indivíduos vivos em dois períodos, trinta e sessenta dias após o início do experimento. Os autores constataram por meio do experimento semelhanças entre ambas linhagens quanto ao crescimento e sobrevivência.

Na sequência, Gerson G. Gomes e Évelin P. L. Severo apresentam o movimento browniano como o protótipo básico para a introdução de conceitos da física dos processos estocásticos e mostram

EDITORIAL

como o desenvolvimento dessa área contribuiu significativamente para a aceitação da existência de átomos na ciência moderna, bem como, a abordagem devida à Langevin, por meio da equação que leva o seu nome, embora menos famosa que a de Einstein, revelou-se mais profícua e proporcionou a aplicação dos métodos estatísticos desenvolvidos em uma ampla gama de fenômenos, tais como as flutuações em circuitos elétricos.

No quarto artigo, Cássio A. Suski, Eduardo Conceição e Isabella M. Machado, por meio de um estudo experimental analisaram os parâmetros de salinidade, pH, temperatura, condutividade elétrica da água e a taxa de corrosão em metais imersos em água do mar. Os resultados da pesquisa mostraram que a salinidade e a condutividade elétrica apresentam variações devido a evaporação da água, sendo que houve uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al), convergindo para a série de atividade de metais em solução aquosa que estabelece a maior ou menor predisposição dos metais em cederem ou receberem elétrons. A taxa de corrosão dos metais mostrou que, entre os metais analisados, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas. Assim, constata-se a coerência entre os resultados encontrados e os metais considerados mais anódicos e mais catódicos em água do mar segundo a literatura.

O artigo de Thiago P. Alves, Thatiana de O. Pinto e Giovane F. Dias analisa a variabilidade percentual da glândula digestiva do mexilhão Marron, *Perna perna* (molusca - bivalvia), cultivado em Santa Catarina. O estudo experimental foi realizado por meio de análise biométrica com 10 indivíduos de uma amostra proveniente de 4 parques aquícolas, incluídos no programa de monitoramento higiênico e sanitário de moluscos bivalves de Santa Catarina. Os resultados da pesquisa mostram que a porcentagem média da glândula digestiva representou aproximadamente 8% da sua biomassa total, sendo que foram observadas diferenças na proporção da glândula digestiva entre as classes de tamanho. Entre os parques observou-se um valor maior da porcentagem da glândula digestiva. Também foram constatadas diferenças na biomassa total dentro do mesmo ciclo produtivo.

O sexto artigo, da autoria de Janaína M. M. L. Scheren, Alcione Miotto e Luciane R. P. Pinheiro, avaliou a porcentagem de emergência de plântulas e a produção orgânica de *Physalis peruviana* em diferentes ambientes de cultivo (protegido e campo) na região do extremo oeste catarinense. O experimento foi conduzido na safra agrícola 2014/2015, na área experimental do IFSC - Campus São Miguel do Oeste. Os dados obtidos de produção e qualidade dos frutos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias analisadas pelo teste de Tukey a ($p > 0,05$). Os resultados mostram que as sementes de *P. peruviana*

EDITORIAL

apresentam alta taxa de germinação e emergência de plântulas (99,22 %); que a época tardia de plantio influencia negativamente na produção e qualidade dos frutos e que o cultivo orgânico de *P. peruviana* é uma alternativa de produção, mas que, em condições de campo e cultivo protegido, na região do extremo oeste catarinense, apresenta baixa produção e produtividade.

Magali Regina e Roseli A. de Borba, por meio de uma pesquisa participante, buscaram verificar soluções locais para o controle preventivo de doenças em hortaliças de produtores agroecológicos da região de Canoinhas - SC. A pesquisa foi realizada no Assentamento Manoel Alves Ribeiro através de reuniões e entrevistas semiestruturadas. Os agricultores definiram o talco de basalto no controle preventivo de doenças do tomateiro. Os tratamentos consistiram de 0 (testemunha), 10, 15 e 20% de diluição de talco de basalto. As plantas de tomate foram avaliadas visualmente e receberam notas de 1 a 5 conforme a incidência de doenças. A diluição de 0% diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, nas duas colheitas, apresentando incidência de doenças com avaliação de 2,85 na primeira colheita e 3,8 na segunda. Os tratamentos com 10, 15 e 20% de talco de basalto não diferiram estatisticamente entre si nas duas colheitas. O silício presente na composição do pó de basalto (45-50%), atua como barreira física fortalecendo a camada de células epidérmicas. O talco

de basalto na diluição de 10% pode ser utilizado pelos agricultores para promover um controle preventivo de doenças em plantas de tomate.

Em seguida, temos mais um artigo na área de educação, em que a autora Carolina A. C. Amorim, buscou identificar os requisitos básico para orientar projetos de interfaces de EaD a partir de teorias de aprendizagem teorias de aprendizagem de Piaget e Vygotsky e da usabilidade a partir de Jordan (1998), Nielsen (1994) e Preece et. al (2013). A autora apresenta alguns requisitos para o desenvolvimento de projetos de cursos EaD, como a criação de ambientes participativos que diminuem a sensação de solidão do aluno.

Por fim, o último artigo desta edição, de autoria de Michael Klug, aborda a construção e o controle de uma plataforma experimental tipo Ball and Beam. Para a sua estrutura foram utilizados materiais de baixo custo, com o objetivo de colaborar com a instalação futura de um laboratório de controle no IFSC/Joinville. O compensador não linear projetado foi baseado na utilização de modelos fuzzy Takagi-Sugeno e na solução de um problema de otimização convexo descrito por condições baseadas em Desigualdades Matriciais Lineares (LMIs). Um exemplo numérico é utilizado para demonstrar o funcionamento da técnica.

Esperamos, mais uma vez, que os textos publicados nesse número sejam úteis para os nossos leitores e que a Revista Técnico-Científica do IFSC

EDITORIAL

continue sendo um canal de comunicação científica entre o IFSC e a comunidade externa, propiciando a ampla divulgação das ações de pesquisa nas mais diversas áreas do conhecimento.

Viviane Grimm
Editora RTC-IFSC
Clodoaldo Machado
Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e
Inovação (IFSC)

SUMÁRIO

A sustentabilidade no contexto da educação Profissional e Técnica: Implicações para o currículo	09
Crescimento e Sobrevivência de duas linhagens de <i>Puntius Titteya</i> em aquário	17
Da queda das folhas aos átomos e circuitos elétricos	21
Estudo experimental dos tipos de corrosão em metais sob condições salinas	29
Variabilidade percentual da glândula digestiva do mexilhão <i>Marron</i> , <i>Perna Perna</i> (mollusca - bivalvia), cultivado em Santa Catarina	38
Propagação e produção orgânica de <i>Physalis</i> na região do extremo-oeste catarinense	45
Pesquisa participante no direcionamento de tratamento de fitopatógenos	52
Requisitos básicos para orientar projetos de interfaces para EaD a partir de teorias de aprendizagem e da usabilidade	56
Construção e Controle de uma plataforma experimental Ball and Beam	65

01

A SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: IMPLICAÇÕES PARA O CURRÍCULO

SOLANGE MARIA LOUREIRO

*Graduação em Engenharia de Produção Elétrica,
Mestrado em Educação e Doutorado em
Engenharia de Produção (UFSC).
Instituto Federal de Santa Catarina
Campus Florianópolis
solange@ifsc.edu.br*

WALDEMAR PACHECO JÚNIOR

*Graduação em Engenharia Química - Habilitação
em Engenharia de Alimentos (UFSC).
Engenheiro de Segurança de Alimentos (UFSC). En-
genheiro de Segurança do Trabalho (UFSC). Mes-
trado, doutorado e pós-doutorado (UFSC).
pjr.w@hotmail.com*

VERA LÚCIA DUARTE DO VALLE PEREIRA

*Graduação em Engenharia Industrial (UFSC),
Mestrado em Industrial Engineering - (University of
Houston System, EUA), Doutorado em Engenharia
Mecânica (UFSC).
UFSC.
veravallepereira@gmail.com*

RESUMO

Um dos desafios do século atual é criar sociedades ambientalmente, socialmente e economicamente sustentáveis. Esse desafio leva à necessidade de se estabelecer uma educação comprometida com mudanças de valores e de comportamentos. Este estudo, de caráter exploratório, visa a identificar, no contexto da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) brasileira, as implicações que o paradigma da sustentabilidade traz para o currículo. Verifica-se que um currículo transformador que caminhe para a sustentabilidade deve priorizar uma mudança paradigmática, o que implica uma transformação de valores individuais e coletivos. Para tanto, deve ser pautado pela ética, promover a interdisciplinaridade e propiciar o entendimento das inter-relações entre as várias dimensões dos problemas sociais, ambientais e econômicos que são enfrentados na busca pela sustentabilidade. Esse currículo precisa se assentar em formas de aprendizagem que permitam aos alunos desenvolverem seu senso crítico.

PALAVRAS-CHAVE

Educação Profissional e Tecnológica (EPT). Sustentabilidade. Currículo.

1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios deste século se encontra na necessidade de que as sociedades se tornem social, ambiental e economicamente sustentáveis, de forma a satisfazerem as necessidades das presentes gerações sem diminuir as chances de as futuras gerações satisfazerem as delas. Para tanto, é necessário rever a visão de mundo mecanicista/cartesiana, na qual se fundamenta a racionalidade ocidental, por uma nova visão que priorize o pensamento integrado e que perceba as interdependências entre os fenômenos sociais, ambientais e econômicos. Assim, o estabelecimento de uma educação comprometida com mudanças de valores e de comportamentos, individuais e coletivos, poderá auxiliar na construção do Desenvolvimento Sustentável (DS).

Essa forma preconizada de educação foi denominada, inicialmente, de Educação Ambiental (EA) e passou a ser debatida e institucionalizada a partir da década de 1970, junto às conferências mundiais promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU). A EA foi pensada, desde sua origem, como educação integral e não, apenas, como uma disciplina isolada. Durante as décadas de 1970 e 1980, segundo Lima (1999), ocorreram vários encontros e conferências internacionais com o intuito de operacionalizar a EA, tendo como objetivo a melhoria da qualidade de vida e a construção do DS.

Contudo, mesmo que durante três décadas, desde 1970 até 1990, mundialmente tenham sido estabelecidas as diretrizes de uma EA que articulasse os conceitos de ética e sustentabilidade, identidade cultural e diversidade, mobilização e participação, e práticas interdisciplinares, a operacionalização dessa forma de educação não conduziu a resultados esperados no sentido de construir um processo educativo que propiciasse autonomia individual e a emancipação social às pessoas (JACOBI, 2005, LAYRARGUES, 2004). Passou-se, então, a postular, em nível mundial, a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) ou a Educação para a Sustentabilidade (EpS).

A EDS/EpS pretende que as pessoas sejam beneficiadas por uma educação em que os valores e os comportamentos sejam compatíveis com um futuro sustentável. Para auxiliar na operacionalização da EDS/EpS nos vários países, em 2002, a ONU, durante a Conferência Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, em Joanesburgo, na África do Sul, instituiu a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DEDS), a começar em janeiro de 2005 e terminar em 2014. O objetivo da DEDS era fazer com que os princípios, valores e práticas relativas ao DS passem a fazer parte da educação e da aprendizagem em todos os países (SEGALÀS et al., 2009). Ficou a cargo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) a missão de fomentar os sistemas educacionais de todos os países a implementarem a EDS.

Nesse contexto, este artigo visa a refletir sobre o papel da Educação Profissional e Tecnológica (EPT) no contexto da sustentabilidade e relacioná-la a um currículo que possibilite mudanças nos padrões de comportamentos individuais e coletivos da sociedade industrial, com vistas à construção de sociedades sustentáveis.

2. EDUCAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Para que haja uma educação comprometida com a sustentabilidade, é preciso vislumbrá-la, conforme o preconizado pelo Capítulo 36 da Agenda 21, como um processo por meio do qual as pessoas e as sociedades podem alcançar o seu desenvolvimento – entendido como ampliação das suas potencialidades e não apenas como crescimento econômico. Isso exige que a educação seja percebida como algo que transcende a transmissão de conteúdos.

A EDS/EpS propõe-se a formar pessoas capazes de refletirem sobre a forma como as sociedades estão estruturadas, e, a partir dessa reflexão crítica, agirem democraticamente na busca de um mundo melhor, no qual possam coexistir a justiça social e a equidade. Portanto, essa educação situa-se em um contexto mais

A SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: INSERÇÃO PARA O CIDADÃO

amplo, voltado à promoção da cidadania (JACOBI, 2005). Para Jacobi (2005), essa educação deve ter como eixo principal a busca da solidariedade, da igualdade e do respeito à diferença. Deve estimular a democracia participativa e gerar novas atitudes e comportamentos que façam frente ao consumo e promovam a mudança de hábitos.

Uma educação que se propõe a construir a cidadania para o desenvolvimento sustentável deve ser contínua, acompanhando o cidadão em várias etapas de sua vida; integrar o conhecimento de diferentes áreas; associar aspectos econômicos, políticos, culturais, sociais e ecológicos da questão ambiental; ser voltada à participação social e à solução dos problemas ambientais e visar à mudança de valores, atitudes e comportamentos sociais (DIAS apud LIMA, 1999). Nesse contexto, a ciência e a tecnologia (C&T) não podem ser aceitas como neutras, objetivas e desvinculadas de aspectos políticos, econômicos e culturais, pois as soluções tecnológicas estão muito mais ligadas às ideologias do que à lógica (CARLETO et al. 2006; GONÇALVES e CARLETO, 2010).

Assim, a educação para a sustentabilidade pressupõe uma formação com foco na cidadania participativa, na qual as pessoas são formadas para discutir e refletirem sobre os problemas coletivos e participar de decisões acerca do destino das sociedades (SANTOS, 2002; JACOBI, 2005).

2.1 A Educação Profissional e Tecnológica (EPT) e o currículo para a sustentabilidade

A EPT é oferecida, na maioria dos países, por sistemas formais e não formais de ensino. Em vários países, essa forma de educação desenvolveu-se como um sistema dual de ensino, ou seja, há um sistema para a formação profissional ou vocational - do termo em inglês - e outro para a formação geral. Essa dualidade é característica das sociedades de classes e fez com que em muitos países a educação profissional fosse geralmente vista como uma educação voltada aos mais pobres, enquanto a educação geral seria para

as classes mais abastadas (SCHWARTZMAN, 2005; MACHADO, 2010; QUEVEDO, 2011).

Ao longo da história da Rede Federal brasileira de EPT, o currículo sofreu influência da estrutura social vigente, bem como das legislações que o guiaram, geralmente atreladas à ideologia social vigente (FRIGOTTO, 2007; OLIVEIRA, 2000). No entanto, durante o século XX, os processos de trabalho passaram a exigir dos profissionais atitudes de investigação e pesquisa para responder aos problemas enfrentados, requerendo uma formação que visualizasse o ser humano com suas capacidades humanas e técnicas desenvolvidas igualmente. Isso implica a necessidade de o currículo ser baseado em uma proposta de arranjos pedagógicos orientados à incorporação dos princípios do DS, reforçando a formação para a cidadania (MACHADO, 2010).

A cidadania deve ser entendida como o que dá sentido à vida das pessoas. Assim, educar para a cidadania implica possibilitar processos educacionais que capacitem as pessoas a exercerem seus direitos de escolhas e que lhes assegurem a sua dignidade social (QUEVEDO, 2011; JACOBI, 2005). Dessa forma, a educação profissional deve ir além da qualificação técnica, sendo necessário articular “cultura, conhecimento, tecnologia e trabalho como direito de todos e condição de cidadania e democracia efetivas” (FRIGOTTO, 2007, p. 1147). Nesse contexto, o currículo na EPT deve propiciar a formação de cidadãos profissionais capazes de confirmarem a sua humanidade sem perder de vista a sua qualificação profissional.

Vê-se a inserção da sustentabilidade nos currículos de EPT, com foco na formação de cidadãos profissionais, como imprescindível, dada a necessidade de se formarem as pessoas para viverem num mundo em que é preciso mudanças profundas em seus relacionamentos com os outros - pessoas ou natureza. Além disso, as sociedades atuais precisam de profissionais que projetem e operem tecnologias que promovam o bem-estar humano, mas conservem o meio ambiente. Assim, precisa-se de profissionais

formados em EPT que sejam conscientes de seu papel social e que tenham habilidades para intervir nos processos de produção e de serviços que englobem os princípios do DS, de forma a minimizar os impactos negativos dos mesmos sobre o ambiente e as pessoas (CARLETO et al., 2006; SEGALÀS, 2008).

Nesse contexto, é necessário que a EPT propicie processos educacionais que promovam a aquisição de competências que permitam aos alunos refletirem criticamente sobre as ações individuais e coletivas; incorporarem modelos mentais que os possibilitem tomar decisões pensando coletivamente; pensarem em como podem criar um futuro sustentável por meio de mudanças estruturais; terem capacidade de lidar com os problemas dentro de certos quadros de valores, percebendo-os como sistêmicos e identificando seus inter-relacionamentos e complexidade; tornarem-se agentes de mudanças, buscando a participação e a ação cidadã em novas formas de atuação (VIERTEL, 2010).

2.2 Aspectos curriculares da EDS/EpS

Entende-se currículo como os arranjos nos quais se consideram

hipóteses de trabalho e de propostas de ação didática, que são definidas para serem desenvolvidas na prática educativa; experiências que devem ser investigadas e analisadas. Entende-se, também, que estas hipóteses ou propostas representam sempre opções escolhidas e/ou combinadas a partir da análise de situações dadas, do que se quer e do que se calcula poder alcançar, tendo em vista implementar práticas com efetividade educacional. (MACHADO, 2010, p. 2).

Assim, o currículo é o resultado de conflitos entre grupos, saberes, discursos e visões de mundo em torno de diversos significados sobre o social e o político (SILVA, 1999 apud DUTRA, 2006). Dessa forma, sendo o currículo uma construção social, está ligado a um determinado momento histórico de uma sociedade e evidencia as relações que essa estabelece

com o conhecimento (VIEIRA, 2008). Um currículo transformador que caminhe para a sustentabilidade deve priorizar uma mudança paradigmática, o que implica uma transformação de valores (CAPRA, 2006; JACOBI, 2007; SEGALÀS, 2008).

Para Buarque (1994), essa transformação implica que as sociedades devam mudar seu foco de modernidade, atualmente centrado na técnica, para uma centralização na ética, pois, se a técnica faz dos meios um fim em si, a ética deve reger a sustentabilidade, reposicionando os fins como referência primordial num cenário de complexas e múltiplas dimensões - econômica, política, ambiental, social, cultural, entre outras. Assim, o desafio a ser enfrentado pela EDS/EpS é o de “deslocar o eixo da lógica dos meios a serviço da acumulação, num curto espaço de tempo, para uma lógica dos fins em função do bem-estar social, do exercício da liberdade e da cooperação entre os povos” (FURTADO, 1992 apud GONÇALVES, 2005).

No contexto do currículo da EDS/EpS, alguns eixos norteadores devem ser considerados em seu desenvolvimento, como atendimento às questões éticas; complexidade e interdisciplinaridade; raciocínio sistêmico e formação para a cidadania.

2.2.1 Atendimento às questões éticas

Como o conceito de DS pressupõe o atendimento das necessidades das atuais gerações e também das futuras, isso implica lidar com múltiplas e complexas dimensões. Portanto, faz-se necessário o aprofundamento e a reflexão das questões éticas. A ética do DS deve propiciar às pessoas a busca pelo bem comum para a maioria da população mundial, por isso, para alguns filósofos, o cerne dessa ética repousa na responsabilidade.

A ética da responsabilidade, delineada inicialmente por Weber, no início do século XX, foi ampliada pelo filósofo alemão Hans Jonas (ALENCASTRO e HEEMANN, s/d; SIQUEIRA, s/d).

Jonas advoga, segundo os autores citados, que dadas as possíveis consequências e os riscos associados às tecnociências para transformar nosso mundo, hoje e no futuro, há que se refletir a respeito da responsabilidade de cada pessoa em relação a si mesma e aos outros, sejam eles humanos ou a natureza, para garantir a vida no planeta. A ética da responsabilidade enunciada por Jonas exige a avaliação das ações presentes com vistas às suas consequências atuais e futuras. Assim, embora, a solidariedade, a honestidade, a virtude e a justiça mantenham seus valores nas inter-relações diárias, é necessário acrescentar às mesmas o predomínio das ações individuais e coletivas que se refletem nas ações futuras.

Boff (2005) aponta a ética do cuidado como uma forma de encaminhar as questões éticas das gerações atuais e futuras. Entretanto, só se cuida e é prudente com o que se conhece e se respeita, logo a educação para a sustentabilidade

precisa priorizar habilidades e capacidades de se relacionar com o outro, sejam seres humanos ou natureza (UNESCO, 2005).

Na perspectiva da ética da responsabilidade, propõe-se, conforme sugere Reboul (2000) apud Tescarolo e Gasque (2007), que se ensine o que une e o que liberta, para que cada pessoa, se sentindo integrada, de forma duradoura, a uma sociedade - que, no contexto do DS, deve ser não só a sociedade local, mas também a planetária - atue expressando-se e pensando por si mesma, libertando-se do senso comum e do preconceito. Isso permitirá que reflita sobre os seus atos, que é a essência da ética. Assim, a educação pautada pela dimensão ética pressupõe *uma atitude de questionamento e de crítica aos valores e práticas estabelecidos socialmente, entre os homens e destes com seu ambiente que, em nossa sociedade, são orientados pelo individualismo, utilitarismo e antropocentrismo. Significa, por outro lado, a consciência de que o modo dominante de vida na nossa sociedade não é o único possível e, da possibilidade de construir novos consensos pautados na participação social, na ética da responsabilidade e na defesa da vida.* (SUNG & SILVA, 1995 apud LIMA, 1999).

2.2.2 Complexidade e interdisciplinaridade

A teoria da complexidade é um “sistema inédito de referências epistemológicas e ontológicas que resultaram em uma nova forma de questionamento da realidade” (TESCAROLO e GASQUE, 2007, p. 41). Essa teoria apoia-se na teoria sistêmica, na cibernética e na teoria da informação. Para Cava (2006, p. 3), a complexidade é “um modo de pensamento que vincula tanto a ordem, o universal e o regular, como a desordem, o particular e o devir”.

A complexidade é um composto de elementos diversos que se interconectam, logo tanto características singulares quanto universais são importantes no pensamento complexo. A matriz epistemológica da complexidade percebe o mundo como um evento aberto ao novo e ao inesperado, e as pesquisas científicas como diálogos entre humanos e natureza, nas quais ocorre a inseparabilidade sujeito/objeto, porque o objeto a ser concebido depende do observador e do contexto em que ambos interagem.

Para se construir uma educação que responda aos problemas socioambientais complexos, é preciso que ela ultrapasse o que Lima (2003) chama de “sustentabilidade de mercado”, a qual ele considera reprodutivista, fragmentária e reducionista. Para isso é imprescindível que a EDS/EpS capacite as pessoas para “aprender, criar e exercitar novas concepções de vida, de educação e de convivência - individual, social e ambiental - capazes de substituir os velhos modelos em esgotamento” (LIMA, 2003, p.19).

Como os problemas atuais estão relacionados a várias áreas do conhecimento, é necessário compreendê-los nas suas múltiplas dimensões - biológicas, políticas, econômicas, institucionais, sociais e culturais -, ou seja, é necessário percebê-los nas suas interdisciplinaridades. No entanto, precisa-se perceber a interdisciplinaridade como um

processo de conhecimento que busca estabelecer cortes transversais na compreensão e explicação do contexto de ensino e pesquisa, buscando a interação entre as disciplinas, superando a compartimentalização científica provocada pela excessiva especialização. (JACOBI, 2005, p.15).

A SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO

Dessa forma, a interdisciplinaridade pressupõe a integração de várias áreas - e não apenas a reunião de diferentes disciplinas -, necessitando de desenvolvimento de metodologias interativas que articulem as conexões entre as ciências da natureza, as sociais e as matemáticas. Jacobi (2005) propõe que, tendo em vista uma realidade socioambiental complexa, é necessário construir um campo de conhecimento capaz de identificar e captar as multicausalidades e interdependências dos processos, naturais e sociais, que afetam e determinam as estruturas e as mudanças sociais, pois só dessa maneira podem ser desenvolvidas práticas pedagógicas que auxiliem nesse processo.

2.2.3 Raciocínio sistêmico

Folhedo (2000) ratifica a complexidade na busca por se viabilizar políticas e diretrizes que definam ações para lidar com as questões ambientais e sugere que um “caminho epistemológico” possível deva adotar uma linguagem universal, qual seja, o raciocínio sistêmico. O autor diz que a questão ambiental é um sistema de altíssima complexidade, devido ao elevado número de componentes sistêmicos e de suas inter-relações, complexidade combinatorial, bem como pelo padrão de comportamento que esses componentes têm ao longo do tempo, ou seja, sua complexidade dinâmica. O autor aponta, ainda, outro nível de complexidade para as questões ambientais advindas dos stakeholders (partes interessadas), pois são muitas e com diferentes visões de mundo. No entanto, ele sugere ser necessário e útil reunir as várias vozes para se ter uma possibilidade de uma “*linguagem comum*”.

Dessa forma, é com espírito otimista que Folhedo (2000) propõe o uso do raciocínio sistêmico como instrumento de aquisição de conhecimento e de sua validação, pois, percebendo o sistema como parte de uma totalidade, que é delimitada por seus limites (fronteiras) e determinada por objetivos, que ocorrem segundo as perspectivas dos sujeitos, pode-se identificar soluções que relevem os vários aspectos dos problemas e situações vivenciados pelas sociedades.

2.2.4 Formação para a cidadania

Em decorrência das interconexões dos processos sociais e ambientais, faz-se necessário consolidar uma dinâmica de ensino e de pesquisa em que a participação social na gestão, tanto social quanto ambiental, seja efetiva. Dessa forma, o contexto mais amplo da educação para a sustentabilidade deve ser a formação para a cidadania. Entretanto, essa formação necessita ser compreendida dentro do raciocínio sistêmico, para que, concebendo-se a mesma como um sistema permeado por um ambiente no qual as inter-relações ocorrem, se identifique quais os “*pontos de alavancagem*” - “*medidas, políticas e ações que fiquem dentro do campo de nossas possibilidades e de nossos valores compartilhados*” (FOLHEDO, 2000, p.139) - que podem ser utilizados para a construção de sociedades sustentáveis.

Corroborar-se como atuação cidadã a proposta de Jacobi (2005) - que se vislumbre a solidariedade, a igualdade e o respeito às diferenças baseadas em formas democráticas de atuação. Nesse contexto, a cidadania implica autonomia e liberdade responsável, participação política e social. Isso sugere que a educação para a sustentabilidade deva capacitar as pessoas para exercerem seus direitos nas escolhas e decisões políticas, assegurando sua dignidade individual e coletiva. Para se conseguir essa mudança paradigmática, é necessária uma mudança de percepção e de valores (CAPRA, 2006).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo evidenciou o papel da educação, mais especificamente da EPT, dentro do contexto da sustentabilidade, relacionando-a com aspectos curriculares que possibilitem mudanças nos padrões de comportamento individual e coletivo, com vistas à construção de sociedades sustentáveis. Essas mudanças devem rever os valores sobre os quais se sustentam as sociedades atuais e, para tanto, precisam ser fruto de um processo educacional que forme para a sustentabilidade.

Internacionalmente está sendo implementada, por meio de organismos internacionais, a EDS/EpS, que propõe que sejam construídos processos educacionais nos quais os valores de respeito ao próximo, à diversidade e ao meio ambiente sejam o foco. Para tanto, a educação deve tornar as pessoas aptas a se entenderem e perceberem os vínculos e interdependências que as unem aos outros, sejam pessoas ou o meio ambiente (UNESCO, 2005). Os alunos da EPT, por serem formados para atuarem diretamente nos processos produtivos e de serviços, mais do que outros, precisam ter uma formação que os tornem conscientes dos impactos sociais e ambientais produzidos por suas atuações para que possam ser agentes de transformação.

Dessa forma, o currículo da EPT para a sustentabilidade deve propiciar o entendimento da complexidade dos fenômenos e tratá-los nas suas interdisciplinaridades. Deve, ainda, propiciar uma formação crítica com foco na cidadania democrática e atuante, baseando-se segundo os princípios da ética da responsabilidade.

Nesse contexto, as práticas pedagógicas precisam formar pessoas para o convívio social, e o ensino deve transcender a transmissão de conteúdos. Para tanto, os métodos de ensino precisam auxiliar os alunos a reconstruírem e transformarem suas próprias experiências e efetuem julgamentos sobre as mudanças necessárias. Woo et al. (2012) sugerem que esses métodos sejam centrados no aluno, propiciem experiências de casos reais abordadas por meio de projetos, e que haja espaço no currículo para a reflexão acerca das questões envolvendo a atuação profissional e cidadã dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ALENCASTRO, M. S. C.; HEEMANN, A. A. Responsabilidade como o substrato ético da sustentabilidade: considerações a partir da obra de Hans Jonas. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/IIseminario/pdf_reflexoes/reflexoes_8.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.
- BOFF, L. O cuidado essencial: princípio de um novo ethos. In: Revista Inclusão Social, Brasília, v. 1, n. 1, pp. 28-35, out./mar., 2005.
- BUARQUE, C. A revolução nas prioridades: da modernidade técnica à modernidade ética. São Paulo: Paz e Terra, 1994.
- CAPRA, F. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 2006.
- CARLETO, M. R.; LINSINGEN, I. V.; DELIZOICOV, D. Contribuições a uma educação para a sustentabilidade. In: ANAIS DO I CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDAD E INOVACIÓN (CTS+I), Palácio de Minería, 19 a 23 de junho de 2006.
- CAVA, P. P. Pensando em direção a uma "pedagogia da complexidade". In: UNlrevista. v. 1, n. 2, abril/2006.
- DUTRA, M. R. O. Educação ambiental e currículo escolar. In: Revista espaço acadêmico, n. 61, jun/2006.
- FOLHEDO, M. Raciocínio sistêmico: uma boa forma de se pensar o meio ambiente. In: Ambiente & Sociedade. Ano III, n. 6/7, pp. 105-144, 2000.
- FRIGOTTO, G. A relação da educação profissional e tecnológica com a universalização da educação básica. In: Educação & Sociedade, v. 28, n. 100, pp. 1129-1152, 2007.
- GONÇALVES, D. B. Desenvolvimento sustentável: o desafio da presente geração. In: Revista Espaço Acadêmico, n.51, ago/2005.
- GONÇALVES, C. A.; CARLETO, M. R. Possibilidades curriculares para o desenvolvimento dos valores da sustentabilidade. In: R. B. E. C. T., v. 3, n. 3, pp. 75-88, set./dez. 2010.

REFERÊNCIAS

JACOBI, P. R. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. In: Educação e Pesquisa, v. 31, n. 2, São Paulo, Maio/Agosto/2005.

_____. Educar na sociedade de risco: o desafio de construir alternativas. In: Pesquisa em educação, v. 2, n. 2, pp. 49-65. 2007.

LAYRARGUES, P. P. A questão ambiental também é uma questão política. 2004. Disponível em: <http://www.homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/adm/admarqs/Philippe_layrargues.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2008.

LIMA, G. da C. Questão ambiental e educação: contribuições para o debate. In: Ambiente e sociedade, n. 5, Campinas, jul./dez, 1999.

_____. O discurso da sustentabilidade e suas implicações para a educação. Ambiente e Sociedade. [online]. 2003, v.6, n.2, pp. 99-119.

MACHADO, L. R. de S. Ensino médio e técnico com currículos integrados: propostas de ação didática para uma relação não fantasiosa. In: MOLL, J. e Col. (Org.) Educação profissional no Brasil contemporâneo: desafios, tensões e possibilidades, 1. ed. Porto Alegre: Artmed editora, 2010.

OLIVEIRA, M. R. N. S. Mudanças no mundo do trabalho: acertos e desacertos na proposta curricular para o ensino médio (resolução 03/98). Diferenças entre formação técnica e formação tecnológica. In: Educação & Sociedade, ano XXI, n. 70, pp. 40-62, 2000.

QUEVEDO, M. de. Educação profissional no Brasil: formação de cidadãos ou mão de obra para o mercado de trabalho? In: Revista de humanidades, tecnologia e cultura, v. 1, n. 1, pp. 147-159, 2011.

SANTOS, E. S. Educação e sustentabilidade. In: Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 11, n. 18, pp. 259-279, jul./dez. 2002.

SCHWARTZMAN, S. A sociedade do conhecimento e a educação tecnológica. 2005. Disponível em: <http://www.schwartzman.org.br/simon/pdf/2005_enai.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

SEGALÀS, J. Educating Engineers for Sustainability. Why? What? How? In: Sostenible?, n. 10, pp. 117-132, 2008.

SEGALÀS, J.; FERRER-BALAS, D.; SVANSTRÖM, M.; LUNDQVIST, U.; MULDER, K.F. What has to be learnt for sustainability? A comparison of bachelor engineering education competences at three European universities. In: Sustain Sci, v. 4, pp. 17-27, 2009.

SIQUEIRA, J. E. de. Hans Jonas e a ética da responsabilidade. Disponível em: <<http://www.unopar.br/portugues/revfonte/v3/art7/bodyart7.html>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

TESCAROLO, R.; GASQUE, K. C. G. D. Complexidade, currículo e ética: o parto de um novo mundo. In: Diálogo Educacional, Curitiba, v. 7, n. 22, p. 39-52, set/dez/2007.

UNESCO. Década das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação. Brasília: UNESCO, 2005.

VIEIRA, S. da R. A educação ambiental e o currículo escolar. Revista Espaço Acadêmico, n. 83, abril/2008.

VIETTEL, E. Vocational Education for Sustainable Development: an obligation for the European Training Foundation. In: European Journal of Education, v. 45, n. 2, 2010.

WOO, Y. L.; MOKHTAR, M.; KOMOO, I.; AZMAN, N. Education for sustainable development: a review of characteristics of sustainability curriculum. In: OIDA

02

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE DUAS LINHAGENS DE PUNTIUS TITTEYA EM AQUÁRIO

FÁBIO XAVIER WEGBECHER

*Professor de Biologia, Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina,
Campus Joinville.
fabio.xavier@ifsc.edu.br*

DANIEL STEIL ALVES

*Estudante do curso integrado em Eletroeletrônica,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de Santa Catarina,
Campus Joinville
danielsteilalves@gmail.com*

RESUMO

Resumo: Foram analisados o crescimento e a sobrevivência de duas linhagens de *Puntius titteya* em aquário. Para tal, foi realizado um experimento em que larvas recém eclodidas de ambas linhagens foram estocadas em seis aquários, divididos em dois tratamentos com três réplicas cada. O período experimental foi de sessenta dias. O crescimento e sobrevivência das larvas foram averiguados por meio de biometria e contagem de indivíduos vivos em dois períodos, trinta e sessenta dias após o início do experimento. Constatou-se semelhanças entre ambas linhagens quanto ao crescimento e sobrevivência.

PALAVRAS-CHAVE

Puntius titteya. Barbus titeia. Larvas albinas. Larvas selvagens.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Puntius titteya* (Deraniyagala, 1929) é um ciprinídeo endêmico do Sri Lanka que habita águas continentais, especificamente riachos densamente sombreados com águas lânticas e de substrato de lodo e restos de folhas (BMELF, 1999).

É um organismo utilizado em diferentes áreas de pesquisa, como são os casos de estudos de ecologia alimentar e reprodutiva (DE SILVA et al., 1977; KORZELECKA-ORKISZ et al., 2009) e infecções experimentais (PONPORNPIST et al., 2000).

Peixe de pequeno porte e bastante popular para aquariorfilia, a linhagem selvagem tem sido comercializada em vários países, incluindo o Brasil, onde é conhecido pelo nome de *Barbus titeia*. Por outro lado, a inclusão da linhagem albina começa a ganhar espaço no mercado e não há estudos acerca de seu cultivo.

O objetivo do estudo é analisar o crescimento e a sobrevivência de duas linhagens de *Puntius titteya*; uma albina e outra selvagem.

2. METODOLOGIA

O experimento foi executado no laboratório de aclimação de peixes ornamentais pertencente à Fazenda Ornata, em São Francisco do Sul, SC. As biometrias e análises foram realizadas no IFSC, Câmpus Joinville. Foram utilizadas duas linhagens da espécie *Puntius titteya*, uma albina e outra selvagem, procedentes de desovas de dois grupos de reprodutores, respectivamente albinos e selvagens.

Cada grupo de reprodutores (3♀ e 3♂) foi colocado em aquários distintos. Cada aquário, com volume total de cinquenta litros, foi preparado com água a uma temperatura de 27°C, pH 7 e aeração constante. Como substrato para desova, foi utilizada *Vesicularia dubyana*, conhecida por musgo de Java.

Após o ato de desova, os reprodutores foram retirados dos aquários, e, após 36 horas, as larvas já recém eclodidas foram pipetadas uma a uma para seus respectivos aquários. Cada aquário foi estocado com 40 larvas.

O experimento apresentou delineamento inteiramente casualizado e foi configurado por dois tratamentos, cada qual em triplicata: tratamento 01 (T1), com larvas albinas; tratamento 02 (T2), com larvas selvagens. Dessa forma, foram utilizados seis aquários, totalizando 240 larvas. Cada aquário comportou 25 litros de água, com aeração constante e trocas parciais de 40% do volume total a cada três dias. Precedendo as trocas parciais de água, foram medidos temperatura e pH, por meio de pHmetro digital.

O experimento constou de três biometrias: uma inicial (b1); a segunda após trinta dias (b2) e a terceira após sessenta dias (b3) da b1. Para cada biometria, foram utilizados dez indivíduos de cada aquário. Com exceção da b1, em que os indivíduos foram medidos e descartados, nas biometrias b2 e b3, os indivíduos foram anestesiados com benzocaína (GIMBO et al., 2008), medidos e devolvidos aos seus respectivos tratamentos.

As biometrias foram realizadas com um paquímetro digital, sob a observação em lupa. Foi utilizada a informação morfométrica "comprimento padrão" (CP).

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente, com microverme da aveia (*Panagrellus redivivus*).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura registrada no período experimental foi semelhante para os dois tratamentos. A temperatura média de ambos foi 25,2°C. A mesma semelhança entre tratamentos ocorreu com o pH, que apresentou registro médio de 7,1. Segundo Boyd, (1997), esses valores estão dentro de um padrão aceitável para o cultivo.

O crescimento das linhagens estudadas está representado no gráfico 01.

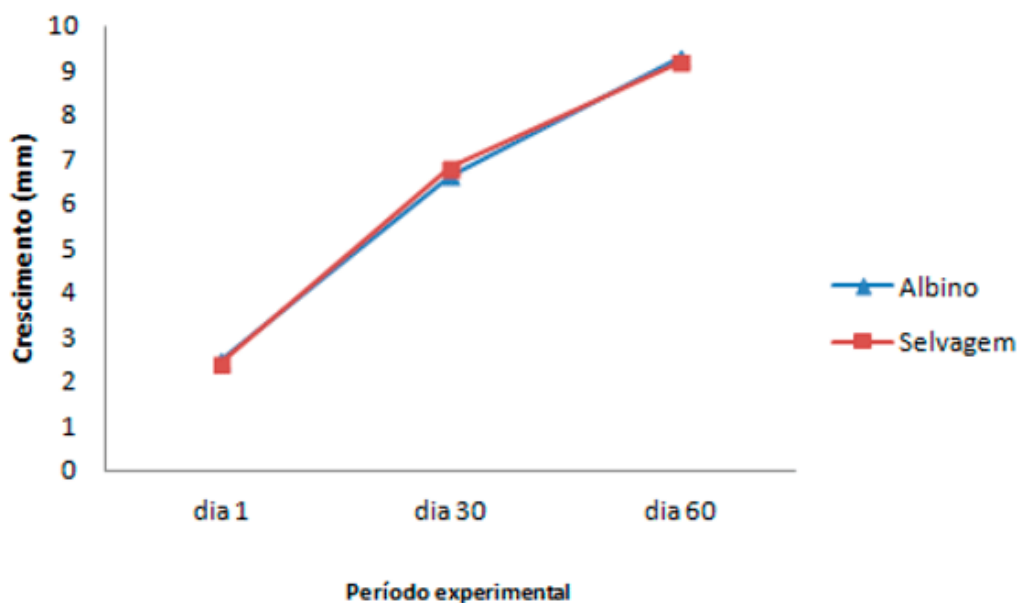


Gráfico 1 - Crescimento de duas linhagens de *Puntius titteya* em 60 dias.

O crescimento das linhagens analisadas foram semelhantes. Nos primeiros trinta dias, houve um crescimento mais acelerado em relação aos trinta últimos, fato comum, uma vez que o crescimento em larvas recém eclodidas é mais acentuado, decrescendo com o passar do tempo (WIESER, et al., 2011).

A sobrevivência das linhagens estudadas está representada no gráfico 02.

A sobrevivência das linhagens foram semelhantes. Ao final do experimento, foram constatadas a sobrevivência de 57,5 e 55% para as linhagens albina e selvagem, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

As linhagens albina e selvagem de *Puntius titteya* apresentaram semelhança quanto ao crescimento e sobrevivência nas condições laboratoriais testadas.

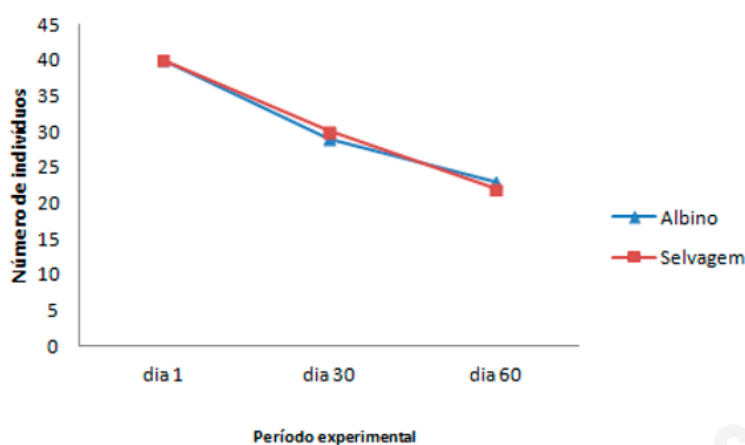


Gráfico 2 - Sobrevivência de duas linhagens de *Puntius titteya* em 60 dias.

CRESCIMENTO E
SOBREVIVÊNCIA DE
DUAS LINHAGENS DE
PUNTIUS TITTEYA EM AQUÁRIO

REFERÊNCIAS

BOYD, C.E. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aquicultura. São Paulo: Ed. Associação Americana de Soja. 1997, 55p

DE SILVA, S.S., KORTMULDER, M.J.S., WIJAYARATNE, A. Comparative study of the food and feeding habits of *Puntius bimaculatus* and *P. titteya* (Pisces, Cyprinidae) Netherlands Journal of Zoology, 27 (3), pp. 253-263. 1977.

GIMBO, R. Y., SAITA, M. V., GONÇALVES, A. F. N., TAKAHASHI, L. S. Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.9, n.2, p. 350-357, 2008.

KORZELECKA-ORKISZ A., TANSKI A., KACZMAREK M., BRYSEWICZ A., SOBOCINSKI A., FORMICKI K. Embryogenesis of cherry barb (*Puntius titteya* Deraniyagala 1929). Sudy Analiz i Prognozirovaniye Sistem Upravleniya. Sankt-Peterburg, Izdatielstvo SZTU, 55-64. 2009.

PONPORNPIST, A., ENDO, M., MURATA, H. Experimental infections of a ciliate *Tetrahymena pyriformis* on ornamental fishes. Fisheries Science, 66, 1026-1031. 2000.

WIESER W., FORSTNER H., SCHIEMER F., MARK W. Growth Rates and Growth Efficiencies in Larvae and Juveniles of *Rutilus rutilus* and Other Cyprinid Species: Effects of Temperature and Food in the Laboratory and in the Field. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1988, 45:943-950, 10.1139.



DA QUEDA DAS FOLHAS AOS ÁTOMOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

*Este trabalho foi desenvolvido em um projeto de iniciação científica
Edital PIPICIT-Nº01/2011/PRPPGI.*

GERSON GREGÓRIO GOMES

*Bacharel, mestre e doutor em Física (UFSC);
Professor do IFSC, Daltec,
Campus Florianópolis
gerson.gomes@ifsc.edu.br*

ÉVELIN PINTO LAMBERTES SEVERO

*Licenciada em Ciências da Natureza com habilitação em Física (IFSC), Campus Araranguá, SC.
Acadêmica do bacharelado em Física, (UNESP)
Campus Guaratinguetá, SP.
evelin.lambertes@gmail.com*

RESUMO

A proposta deste trabalho é apresentar o movimento browniano como o protótipo básico para a introdução de conceitos da física dos processos estocásticos e mostrar como o desenvolvimento dessa área da física contribuiu significativamente para a aceitação da existência de átomos na ciência moderna. Veremos também que a abordagem devida à Langevin, através da equação que leva o seu nome, embora menos famosa que a de Einstein, revelou-se mais profícua e proporcionou a aplicação dos métodos estatísticos desenvolvidos em uma ampla gama de fenômenos, tais como as flutuações em circuitos elétricos.

PALAVRAS-CHAVE

Movimento Browniano, Processos Estocásticos, Átomos, História da Ciência.

DA QUEDA DAS FOLHAS AOS ÁTOMOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

1. INTRODUÇÃO

Você já deve ter visto, quando está em uma sala escura e há um pequeno feixe de luz entrando por algum orifício na janela, diminutos grãos de poeira em movimento irregular, como se executassem uma dança caótica. É notável que um fenômeno desse tipo, aparentemente tão simples, tenha desencadeado uma verdadeira revolução na ciência, gerando inclusive diversas aplicações tecnológicas. O movimento browniano, como ficou conhecido esse fenômeno aleatório, foi alvo de estudo, no início do século XX, de um então recente ramo da física: a física estatística, que se ocupa de sistemas compostos por um número muito grande de partículas e, por isso mesmo, faz uso da estatística, através de cálculos de valores médios.

As flutuações da corrente elétrica em um circuito, o movimento de partículas de areia nas misturas de cimento, o movimento de micelas de caseína no leite ou o movimento das partículas de aerossóis nas nuvens (PAIS, 1995) são mais alguns exemplos de fenômenos aleatórios, estudados pela física estatística.

Além das aplicações práticas, a contribuição que talvez possa ser considerada a mais significativa à humanidade é o fato do estudo dos movimentos erráticos, especialmente o movimento browniano, ter sido determinante na aceitação da teoria atômica, conforme veremos mais adiante.

Na seção seguinte, falaremos um pouco mais sobre o movimento browniano e descreveremos os processos estocásticos. Na seção 3, discutiremos brevemente os trabalhos de Einstein sobre o movimento browniano e suas implicações na aceitação da hipótese atômica. Na seção 4, traremos à discussão a abordagem de Langevin para o movimento browniano, mostrando uma aplicação dessa abordagem em circuitos elétricos.

2. MOVIMENTO BROWNIANO E PROCESSOS ESTOCÁSTICOS

A ideia de átomo, embora muito diversa da concepção atual, remonta aos antigos gregos, mas sua existência só foi aceita, na ciência moderna, após o estudo do movimento browniano, no início do século XX. Referindo-se à dança irregular dos grãos de poeira num raio de luz, o poeta romano Lucrécio, século I a.C., teria escrito:

"Esta dança é uma indicação de movimentos subjacentes invisíveis da matéria... grande número de partículas minúsculas, sob o impacto de choques invisíveis, mudam de direção e se agitam...Assim, o movimento parte dos átomos e é gradualmente levado até o nível de nossos sentidos." (NUSSEZENVEIG, 1998, p. 237).

Ao lermos como Lucrécio se refere a esse movimento, é possível identificarmos claramente o conceito de movimento browniano, que constitui o exemplo mais simples de um processo estocástico. Ele refere-se simplesmente a processos, geralmente aleatórios, dependentes do tempo (VAN KAMPEN, 2007). O movimento browniano é um movimento aleatório de uma partícula qualquer imersa num fluido. A partícula browniana deve ser *macroscopicamente pequena*, mas *microscopicamente grande*, em comparação com as moléculas do fluido, das quais ela sofre colisões.

Embora errático e irregular, esse fenômeno pode ser descrito, e a física estatística é a responsável por explicar as especificidades desse movimento, como também dos demais fenômenos aleatórios existentes na natureza. Para sua melhor compreensão e definição, utiliza-se meios probabilísticos, já que o grande número de eventos não permite estudos isolados de cada processo aleatório.

DA QUEDA DAS FOLHAS AOS ÁTOMOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Tomemos como exemplo a queda de uma folha de papel. Devido a sua forma e densidade, a folha sofre ação da resistência do ar, o que torna sua queda um movimento extremamente irregular, difícil de ser descrito com precisão. A princípio, nenhum padrão parece existir nesse fenômeno. Mas se observarmos a queda de um número muito grande de folhas, após um determinado tempo, um padrão surge: o amontoado de folhas no chão terá uma forma específica (TOMÉ e OLIVEIRA, 2001), o que está relacionado à interpretação frequencial, conforme veremos a seguir.

A física estatística é um dos ramos da física que tem como principal objetivo deduzir propriedades macroscópicas dos sistemas por meio do estudo das propriedades microscópicas de seus constituintes. Pode ser dividida em física estatística do equilíbrio e física estatística fora do equilíbrio, que se ocupa dos processos estocásticos. Uma das bases da teoria estatística é o conceito de probabilidade, que deve ser analisado sob dois aspectos: um referente a sua definição e outro a sua interpretação.

A definição de probabilidade é muito simples: tomamos um conjunto de todos os resultados possíveis de uma experiência e atribuímos a eles valores não negativos; a soma desses valores precisa ser igual à unidade. Um exemplo é o lançamento de um dado. Não é possível prever exatamente qual face cairá voltada para cima, mas sabemos que o número de resultados possíveis para essa experiência é 6, devido ao número de faces. Dessa forma, podemos falar da *probabilidade* de queda de cada face. Nesse exemplo, a cada resultado possível (cada face), é atribuído o valor $1/6$, pois cada uma das seis faces tem 1 chance em seis (ou cerca de 17% de chance) de cair voltada para cima. Dessa forma, se somarmos as probabilidades de cada uma das seis faces, o valor encontrado será igual a um, correspondendo assim à definição.

A interpretação usual de probabilidade ocorre a partir da análise da frequência que ocorre determinado resultado, e é denominada interpretação frequencial¹.

Voltando ao exemplo da queda das folhas, se marcarmos um quadrado no chão e deixarmos cair inúmeras folhas, a probabilidade das folhas caírem dentro do espaço demarcado é dada pelo número de folhas caídas no quadrado dividido pelo total de folhas caídas. Se observarmos, novamente, o caso da queda das folhas, entenderemos que, quando um número consideravelmente grande de folhas é deixado cair de um ponto específico, o acúmulo dessas ganhará certa forma comum, e é essa regularidade observada nos fenômenos aleatórios que possibilita seu estudo e aplicações (TOMÉ e OLIVEIRA, 2001).

3. EINSTEIN E O MOVIMENTO BROWNIANO

Conforme ilustrado nas palavras de Lucrécio, o movimento browniano já era conhecido desde a antiguidade. Entretanto, no verão de 1827, o botânico inglês Robert Brown fez observações microscópicas de suspensões com grãos de pólen de um tipo de flor noturna chamada *clarkia pulchella*. Ele observou que o movimento era aparentemente constante, uma espécie de “dança aleatória”, e ocorreu-lhe que a origem dessa constância do movimento poderia ser orgânica, ou seja, que seriam minúsculos seres vivos os causadores disso. Porém, bastaram algumas análises de grãos minerais, partículas de cinza ou poeira, para que ele descartasse essa ideia.

Com isso, Brown foi o primeiro a concluir (daí a origem do nome) que esse movimento não tem nada a ver com a presença de organismos vivos e logo indicou que seria muito mais interessante os físicos assumirem a responsabilidade por esse estudo, e assim o fizeram (HAW, 2005). Tempos após os estudos de Brown, outros cientistas já haviam tirado importantes conclusões sobre o movimento browniano, e surgiram afirmações indicando que ele resultaria das colisões entre as partículas imersas e as do fluido.

Seguindo essas bases, Albert Einstein, no início do século XX, passa a estudar esse fenômeno.

No ano de 1905, o então desconhecido físico que trabalhava em um escritório de patentes na Suíça publica cinco artigos marcantes na história da física². Dois desses, um sobre o tema de sua tese de doutoramento finalizada em abril, e outro em maio, referiam-se ao movimento browniano. Vale ressaltar que esses artigos foram os mais citados de Einstein, chegando a superar todos os seus outros trabalhos juntos (HAW, 2005).

Nesses trabalhos, Einstein buscava fatos que comprovassem a existência dos átomos e percebeu que os estudos sobre o movimento browniano proporcionariam as condições necessárias para isso. A partícula browniana era considerada uma lupa para o mundo atômico, embora muitos químicos e físicos da virada do século XIX para o século XX não acreditassem na sua existência (HAW, 2005). Entre os químicos, um dos assuntos em debate era se os átomos eram reais ou se deveriam ser usados apenas como um modelo didático para melhor compreensão da natureza. Já entre os físicos, as discussões giravam em torno da teoria cinética dos gases, com a atenção voltada, principalmente, à segunda lei da termodinâmica. É nesse contexto histórico que Einstein analisa o movimento browniano e é “o primeiro a tornar visíveis as moléculas” (PAIS, 1995). Em seu artigo de maio de 1905 (o artigo da tese), Einstein juntou a termodinâmica dos líquidos com a mecânica estatística para obter a primeira teoria física, testável experimentalmente, do movimento browniano. Aproximava-se a primeira chance de investigação direta do mundo atômico. Einstein imaginou que uma partícula browniana com um diâmetro de, por exemplo, 0,001 mm (grande o bastante para ser visível em um microscópio) proporcionaria a lente de aumento para a investigação do mundo atômico. Seria como se você pudesse “ver um átomo invisível” e comparar seu comportamento diretamente com a teoria cinética dos gases.

No artigo da tese, Einstein considera uma solução de açúcar em água. A partícula de açúcar seria a partícula browniana, macroscopicamente pequena, que sofreria as colisões com as moléculas de água.

O movimento aleatório executado pela partícula de açúcar, devido às colisões com as moléculas de água, é análogo ao movimento browniano, como é ilustrado na figura 1.

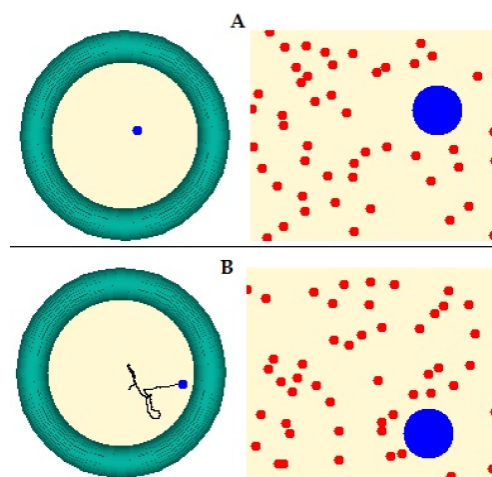


Figura 1 - A parte A da figura mostra, em azul, a representação da partícula browniana, e, em vermelho, as partículas de um fluido qualquer. Na parte B, no lado esquerdo, há um exemplo da trajetória irregular da partícula browniana devido às colisões com as partículas do fluido. Fonte: Disponível em <http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/Brownian/brownian.html>.

Einstein obtém, em seu trabalho sobre o movimento browniano, a expressão³:

$$N_A = \frac{R \cdot T}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot a \cdot \langle x^2 \rangle} \quad (1)$$

que relaciona o número de Avogadro N_A com o deslocamento quadrático médio $\langle x^2 \rangle$ da partícula browniana, do qual falaremos na próxima seção. Nessa equação, R é a constante universal dos gases, T a temperatura absoluta da solução, η a viscosidade do fluido, a o raio da partícula, e t o tempo necessário para que a partícula tenha um deslocamento quadrático médio (FRANÇA e GOMES, 2005).

DA QUEDA DAS FOLHAS AOS ÁTOMOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Com exceção, talvez, do raio da partícula, todas essas grandezas eram conhecidas ou passíveis de medição naquela época. O número de Avogadro N_A é, certamente, a quantidade de interesse, pois fornece o número de moléculas (ou átomos) em uma certa quantidade de substância (1 mol). Além disso, de posse da massa de 1 mol da substância (já conhecida da química), pode-se calcular a massa de uma molécula, simplesmente dividindo a massa de 1 mol por N_A . Einstein obteve $N_A \approx 2 \times 10^{23}$ partículas por mol. Com esse trabalho, Einstein convenceu Jean Perrin a realizar experimentos cuidadosos para medir $\langle x^2 \rangle$ e o raio das partículas brownianas. Essas experiências foram realizadas pelo grupo de pesquisa de Perrin a partir de 1908, encontrando o valor $N_A \approx 7 \times 10^{23}$ partículas por mol (STACHEL, 2001). Por esses trabalhos, Perrin ganhou o prêmio Nobel de física em 1926.

A tamanha relevância desses estudos não é justificada somente pelos estudos de Einstein em seu artigo sobre o movimento browniano, mas decorre da múltipla determinação do número de Avogadro, ou seja, a concordância existente entre os valores obtidos foi imprescindível para o fim dos debates sobre a realidade molecular, que veio a se extinguir no início do século XX (PAIS, 1995).

É interessante destacar ainda que Einstein, a partir de 1907, iniciou o estudo das flutuações da voltagem em capacitores. Dessa forma, tornou-se o precursor da análise teórica e experimental do “ruído” existente em circuitos elétricos (FRANÇA e GOMES, 2005). Fenômenos importantes associados às flutuações térmicas da corrente em um circuito elétrico foram descobertos por Nyquist e Johnson em 1928. Uma análise mais didática do movimento browniano pode ser encontrada em FIGUEIRA (2011).

4. A ABORDAGEM DE LANGEVIN PARA O MOVIMENTO BROWNIANO

Há pouco mais de cem anos, o físico francês Paul Langevin propôs, de maneira fenomenológica, a equação que leva seu nome, com o objetivo de descrever o movimento browniano.

Esse fenômeno é particularmente interessante, como já vimos, pois há uma enorme variedade de situações físicas em que ele ocorre, evidenciando as flutuações estatísticas que surgem em um sistema em equilíbrio térmico (REIF, 1965), (SALINAS, 1997), (TOMÉ e OLIVEIRA, 2001). Por outro lado, a existência de flutuações relaciona-se intimamente com os fenômenos onde ocorre a *dissipação de energia e irreversibilidade*. Mesmo na física clássica, a descrição de um processo irreversível não é uma tarefa trivial. Pode-se introduzir dissipação em equações microscópicas a partir da segunda lei de Newton, adicionando-se termos fenomenológicos, exatamente como o fez Langevin, tais como um amortecimento dependente da velocidade $\alpha \, dx/dt$ ($\alpha > 0$) em um oscilador harmônico de frequência ω , amortecido e sujeito a uma força externa $f(t)$:

$$d^2x/dt^2 + \alpha \, dx/dt + \omega^2 x(t) = f(t). \quad (2)$$

Langevin formulou essa equação para o movimento browniano, mas ela mostrou-se aplicável a inúmeros problemas nos quais as flutuações desempenham importante papel, dentre os quais a corrente flutuante em um circuito elétrico, exemplo que discutiremos mais adiante. Dessa forma, a abordagem de Langevin, para a teoria do movimento browniano, tem se mostrado mais profícua que a de Einstein. Não obstante, na ausência de força externa (de origem gravitacional ou elétrica), a equação de Langevin pode ser escrita da seguinte forma:

$$m \, dv / dt = - \alpha v + F'(t) \quad (3)$$

em que m é a massa, v a velocidade da partícula, t o tempo que tem relação direta com a força aleatória $F'(t)$ e a força de atrito $-\alpha v$, em que α é a constante de atrito. Podemos perceber aqui um exemplo de um importantíssimo ingrediente da física estatística fora do equilíbrio, a chamada *relação flutuação-dissipação*, porque é possível analisar a relação existente entre a força de atrito e a força estocástica (VAN KAMPEN, 2007).

DA QUEDA DAS FOLHAS AOS ÁTOMOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Assim, é notável que os mesmos mecanismos responsáveis pelas flutuações são responsáveis pela dissipação da energia.

A força $F(t)$ é dita estocástica porque ela depende da posição dos muitíssimos átomos que estão em movimento constante (REIF, 1965). Essa interação da força com os muitos graus de liberdade⁴ é o que a caracteriza como uma função que flutua (varia) com o tempo.

Por conta dessa irregularidade, não se pode explicar com exatidão a dependência da F de t , por isso formula-se esse problema em termos estatísticos. Para isso, imagina-se um *ensemble* (um conjunto) de muitos sistemas, cada um composto por uma partícula e um meio circundante. Para cada sistema desse ensemble, a $F(t)$ é uma função aleatória em t (REIF, 1965). É mais simples entender isso se pensarmos no lançamento de uma moeda, quando queremos conhecer a probabilidade de cada face cair voltada para cima. Será equivalente lançarmos a mesma moeda repetidas vezes, por exemplo 30 lançamentos, ou lançarmos muitas moedas iguais, como 30 moedas. Nesse caso, o lançamento de muitas moedas iguais é análogo ao *ensemble*, no qual os sistemas correspondem a cada moeda que será lançada.

A figura 2 ilustra a maneira de extrair valores médios num *ensemble* para uma força estocástica. A taxa com que essa força varia pode ser caracterizada se o *tempo de correlação* for conhecido, isto é, uma média aproximada do tempo entre dois máximos (ou mínimos) da $F(t)$. A partícula é dita estacionária porque é imaginada fixa, ou seja, sem poder escolher uma direção no espaço. Com isso, a média da força será zero, pois deve ser ora positiva e ora negativa.

Se calcularmos a média da posição $\langle x \rangle$ da partícula, perceberemos que também será nula. Isso é melhor compreendido quando se pensa no exemplo de passeio aleatório, conhecido como “problema do marinheiro bêbado”, que consiste no caso mais simples de difusão (NUSSEZENVEIG, 1998).

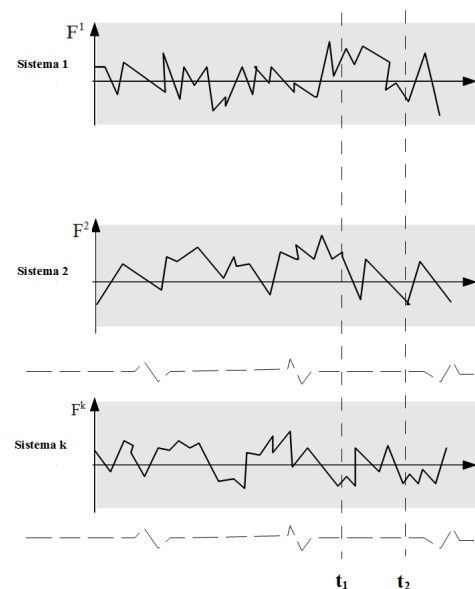


Figura 2: Sistemas do ensemble e o comportamento da força flutuante $F(t)$ sob uma partícula estacionária. Os instantes t_1 e t_2 são considerados o mais próximos possíveis a fim de calcular valores médios da força.

Fonte: REIF (1965, p. 562).

Sabendo disso, é mais conveniente pensar em números positivos, tomando então o deslocamento quadrático médio $\langle x^2 \rangle$. De maneira simplificada, vamos entendê-lo como a média da diferença, ao quadrado, entre a posição após N passos e a média desse deslocamento, que pode ser escrita $\langle xN - \langle xN \rangle^2 \rangle$. Após compreendermos essa ideia do passeio aleatório, basta substituímos o número de passos do bêbado pelo número de colisões da partícula browniana, que é proporcional ao tempo de observação t .

A título de ilustração, vamos agora aplicar a abordagem de Langevin para o movimento browniano em circuitos elétricos. O livro de Reif (1965), apesar de antigo, é um clássico da área, e traz essa análise no seu capítulo 15. Considere um circuito formado pela associação, em série, de um resistor R , um indutor L e um capacitor C (circuito RLC), em equilíbrio térmico à temperatura T . As flutuações de corrente elétrica nesse circuito são análogas ao movimento de uma partícula browniana, e podem ser representadas a partir de uma f.e.m. alternada $V(t)$. Sendo $q(t)$ é a carga no capacitor como função do tempo, a equação de Langevin para esse sistema é completamente análoga à equação (2):

$$d^2q(t)/dt^2 + (R/L) dq(t)/dt + (1/LC) q(t) = V(t). \quad (3)$$

Não nos ocuparemos aqui da solução dessa equação. Apenas destacaremos os pontos e resultados fundamentais. A energia média armazenada no indutor e no capacitor são iguais e, segundo o princípio de equipartição de energia clássico, valem $kT/2$. Esse resultado está longe de ser óbvio, não tendo, inclusive, como seria de se esperar, validade em todos os casos⁵.

A quantidade de interesse obtida na análise desse problema é a densidade espectral da f.e.m. flutuante:

$$J + (\omega C)^2 = 2kTR / \pi. \quad (4)$$

Essa pode ser entendida como uma espécie de valor médio da f.e.m. (a função de correlação) na representação das frequências. A equação (4) é um caso especial da já mencionada relação flutuação-dissipação. É válida, inclusive, no caso de um circuito com uma impedância arbitrária, também podendo ser generalizada para o caso quântico. Nesse domínio surgem, como já esperados, efeitos novos, devidos, entre outros, à energia de ponto zero (ver nota 6).

A importância do sistema dado aqui como exemplo e do método de análise utilizado é dupla. Os circuitos do tipo RLC são encontrados em diversos dispositivos eletrônicos utilizados em nossa tecnológica sociedade atual.

Por outro lado, esses sistemas permitem modelar uma ampla gama de fenômenos e os métodos de análise desenvolvidos proporcionam investigar questões de fundamentos da física, tais como o conceito de equilíbrio térmico e a origem e aplicabilidade da própria equação de Langevin (GOMES, 2013).

REFERÊNCIAS

¹ Essa interpretação é a usual, existem porém outras, por exemplo, a Bayseana.

² Os artigos foram, nessa ordem, sobre o efeito fotoelétrico, o primeiro (tese) e o segundo sobre movimento browniano, a teoria da relatividade especial, e a relação massa-energia ($E = mc^2$) (CHALMERS, 2005).

³ Einstein obtém, na verdade, duas equações; para mais detalhes, ver SALINAS (2005) e CARUSO e OGURI (2006).

⁴ Para compreender o termo graus de liberdade e a interação com a força, denominada estocástica, é útil pensar em uma molécula de um gás que executa um movimento de translação, possuindo componentes de velocidade v em relação aos três eixos. Assim é possível entender que, como há componentes de v nos três eixos, essa molécula terá três graus de liberdade de translação, já que existem três formas independentes da molécula se deslocar e assim armazenar energia (HALLIDAY et al, 2009).

⁵ Ver GINZBURG (1989), capítulo 14, para uma análise aprofundada dessa questão, feita pelo físico russo ganhador do prêmio Nobel.

REFERÊNCIAS

CARUSO F., OGURI, V. Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos. Rio de Janeiro, Campus, 2006.

CHALMERS, M. Five papers that shook the world. Physics World, UK, v. 18, n. 1, p. 16-17, 2005

FIGUEIRA, J., Movimento browniano: uma proposta do uso das novas tecnologias no ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.33, n.4, 2011.

FRANÇA, H., GOMES, G., Einstein e a dança dos grãos de pólen, Revista USP, São Paulo, n.66, p.44-53, 2005.

GINZBURG, V. L., Applications of Electrodynamics in Theoretical Physics and Astrophysics. US, CRC Press, 1989.

GOMES, G. G., Sistemas de Osciladores Acoplados em Thermofield Dynamics. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

HALLIDAY, D. et al. Fundamentos de Física 2. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

HAW, M. Einstein's random walk, Physics World, UK, v. 18, n. 1, p. 19-22, 2005.

NUSSEZENVEIG, H.M., Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. São Paulo, Edgard Blücher, 1998.

PAIS, A., "Sutil é o Senhor..." A Ciência e a Vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995.

REIF, F., Fundamentals of Statistical and Thermal Physics. US, McGraw-Hill Book Company, 1965.

SALINAS, S., Introdução à Física Estatística. São Paulo, EDUSP, 1997.

_____, Einstein; o atomismo e a Teoria do Movimento Browniano, Revista Física na Escola, São Paulo, v.6, n. 1, p.23-26, 2005.

STACHEL, J., O ano miraculoso de Einstein. Rio de Janeiro, UFRJ, 2001.

TOMÉ, T., OLIVEIRA, M. Dinâmica Estocástica e Irreversibilidade. São Paulo, EDUSP, 2001.

VAN KAMPEN, N. G., Stochastic Processes in Physics and Chemistry. Hol, Elsevier, 2007.

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

CÁSSIO AURÉLIO SUSKI

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
cassio.suski@ifsc.edu.br*

EDUARDO CONCEIÇÃO

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
eduardo.conceicao@ifsc.edu.br*

ISABELLA MANN MACHADO

*Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão,
Curso de Mecânica
Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí
isabellammitajai@hotmail.com*

RESUMO

Os parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como a taxa de corrosão, foram estudados em metais imersos em água do mar. Os resultados mostram que a salinidade e a condutividade elétrica apresentam variação devido à evaporação da água. Houve uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al), convergindo para a série de atividade de metais em solução aquosa que estabelece a maior ou menor predisposição dos metais em cederem ou receberem elétrons. A taxa de corrosão dos metais mostrou que, entre os metais analisados, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas. Percebe-se a coerência entre os resultados encontrados e os metais considerados mais anódicos e mais catódicos em água do mar segundo a literatura. O aço inoxidável 430, bastante indicado para ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de um processo corrosivo que, provavelmente, está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias. Além disso, pode-se desenvolver um repositório de imagens de corrosão semanal a fim de contribuir com as aulas das disciplinas de materiais de construção mecânica e corrosão.

PALAVRAS-CHAVE

Corrosão. Metais. Água do mar.

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS

1. INTRODUÇÃO

O processo de corrosão eletroquímica ocorre devido ao fluxo de elétrons que se deslocam de uma área da superfície metálica para a outra. Esse movimento de elétrons é devido à diferença de potencial, de natureza eletroquímica, que se estabelece entre as regiões. Por exemplo, a perda de elétrons de uma tubulação de aço para um registro de latão (Cobre+Zinco) pode progredir até a perfuração do tubo de aço (FONTANA, 1987; GENTIL, 1982).

Uma reação eletroquímica é um processo químico heterogêneo (que envolve uma interface sólida/solução) pelo qual ocorre a transferência de cargas para ou de um eletrodo, geralmente um metal ou semicondutor.

A transferência de carga pode ser um processo catódico, no qual uma espécie é reduzida pela transferência de elétrons para o eletrodo, ou um processo anódico, em que uma espécie é oxidada pela remoção de elétrons do eletrodo.

Um processo eletroquímico só é possível em um sistema que apresente ambas as reações catódica e anódica, de forma a se manter um balanço de cargas, isto é, a quantidade de carga envolvida no processo de redução tem que ser a mesma que a envolvida no processo de oxidação (BROWN; LEMAY e BURSTEN, 2005; DILLON, 1990; RAMANHATAN, 1990).

Nos meios salinos, o processo de corrosão é bastante intensificado, devido ao eletrólito formado por cloreto de sódio (NaCl) + água (H₂O).

Os institutos têm sido potenciais geradores de conhecimento, nas suas mais diferentes formas e modalidades. A geração de conhecimento implica em métodos estratégicos que diferenciam cada instituição quanto à aplicabilidade e utilidade desse conhecimento para o contexto em que se situa. Uma das formas de promover a efetiva apropriação desse conhecimento passa a acontecer na indústria, que fará uso e poderá aplicá-lo para o determinado fim. O desenvolvimento desse conhecimento instiga os processos inovadores, bem como leva o pensamento ecológico e sustentável nos processos e produtos fabricados, solidificando o avanço tecnológico das organizações.

Por outro lado, a discussão em torno da questão da inovação passa necessariamente pela análise da função das instituições de ensino no tocante a sua contribuição em relação ao desenvolvimento tecnológico das empresas. Inovação não significa necessariamente criar processos, produtos ou métodos, mas também aprimorar o que já se conhece, contemplando uma complexa gama de características do saber historicamente acumulado e sistematizado. Para contribuir com essa visão sistêmica, é preciso incluir aí o ambiente e, nesse caso, a importância de uma mudança de paradigma como item de sobrevivência futura.

Existe um grande interesse prático no estudo da corrosão, uma vez que ela causa um prejuízo estimado em torno de 1,5 a 3,5% do PIB nos países industrializados (GENTIL, 1982). Sem que seja necessário recorrer a meios agressivos, tem-se que a maioria dos materiais em contato com o meio ambiente, como a atmosfera, formam um sistema termodinamicamente instável. Todos os metais em contato com o ar devem reagir e se transformar em óxidos, hidróxidos ou outras formas semelhantes. Em alguns casos (alumínio, magnésio, cromo, etc.), tal transformação em óxidos implica numa grande redução da energia livre. Assim, de acordo com a termodinâmica, os metais não poderiam ser utilizados numa atmosfera como a terrestre. Entretanto, apesar de a termodinâmica indicar a possibilidade de uma reação, não diz nada a respeito da velocidade com que essa reação ocorre. É precisamente devido ao fato de que certas velocidades de reação são lentas que se pode utilizar os metais no cotidiano.

Os processos de corrosão podem ser classificados segundo o meio em que ocorrem e segundo sua morfologia. Segundo o meio, pode-se ter a Corrosão Química e Eletroquímica; segundo a morfologia, tem-se Corrosão Uniforme, Corrosão em Placas, Corrosão Alveolar, Corrosão Puntiforme (pite), Corrosão em Frestas, Corrosão Intergranular, Corrosão Intragranular, Corrosão Filiforme e Corrosão por Esfoliação (GENTIL, 1982).

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM MATERIAIS DIDÁTICOS

A partir deste ponto, entende-se a importância do projeto, que tem como objetivo auxiliar na geração de material didático referente ao processo de corrosão e no desenvolvimento dos produtos, processos e materiais a serem utilizados nos estaleiros e demais indústrias com forte presença de processos corrosivos.

Foram utilizados diversos tipos de materiais, como aços inoxidáveis, aços carbono, latões, cobs, bronzes e alumínio, a fim de possibilitar o levantamento de informações referentes ao processo de corrosão em ambientes salinos. Dessa forma, será possível criar um acervo com materiais corroídos, bem como um banco de imagens (fotos) das diversas etapas de corrosão dos materiais, possibilitando um melhor entendimento dos diversos tipos de corrosão.

Nas análises, serão considerados os meios químicos e eletroquímicos. Nos meios químicos, o metal reage com um meio não iônico, como no caso de oxidação ao ar a alta temperatura. Já nos meios eletroquímicos ocorre um transporte simultâneo de eletricidade através de um eletrólito, como a corrosão em soluções salinas e água do mar, a corrosão atmosférica, a corrosão em solos, etc.

2. METAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente artigo, foi realizado primeiramente um levantamento bibliográfico referente à corrosão; em seguida, uma organização do ambiente laboratorial, com vistas aos testes

experimentais dos materiais; depois, a análise dos metais e suas características, através dos testes, ensaios e medições; por último, a montagem do acervo eletrônico dos tipos de corrosão para posterior utilização como material didático.

O ambiente laboratorial foi montado por meio de reservatórios individuais com capacidade de 5 litros de água do mar filtrada e possuindo um filtro de aquário para minimizar a contaminação de água pelos óxidos gerados.

Foram realizadas coleta de dados e investigações em laboratório, semanalmente, para o acompanhamento dos tipos de corrosão presentes nos seguintes metais: aços inoxidáveis 420, 430 e 304, aços carbono 1020 e 1045, cobre eletrolítico, latão 360, bronze TM23, bronze 68B e alumínio 6351 T6. A tabela 1 mostra as composições químicas dos metais estudados. Os metais utilizados possuem formato cilíndrico, a não ser o aço inoxidável 430, que foi encontrado no mercado somente na forma de chapa.

Os parâmetros observados foram salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, a fim de mantê-los controlados ao longo do tempo de experimentação.

Além disso, foram realizadas medições da taxa de corrosão (taxa de perda de massa) dos metais, a fim de verificar a vida útil do material em ambiente salino.

METAL	C%	MN%	SI%	S%	P%	CR%	NI%	CU%	TI%	MO%	AL%	OUTROS
Aço Inoxidável 420	0,192	0,79	0,57	0,018	0,036	12,39	0,19	-	-	0,014	-	-
Aço Inoxidável 430	0,018	0,18	0,33	0,001	0,026	-	-	-	-	0,013	-	-
Aço Inoxidável 304	0,260	1,59	0,44	0,029	0,045	18,28	8,02	-	-	0,33	-	-
Aço 1020	0,260	-	-	0,050	0,040	-	-	-	-	-	-	-
Aço 1045	0,450	0,660	0,220	0,023	0,016	-	-	-	-	-	-	-
Cobre Eletrolítico	-	-	-	-	-	-	0,10	99,9	-	-	-	Fe=0,01264
Latão 360	-	-	-	-	-	-	-	61,86	-	-	-	Pb= 3,142 Fe=0,187
Bronze TM23	-	-	-	-	-	-	-	70,00	-	-	-	Sn=4,0 Pb=20,0
Bronze 68B	-	-	-	-	-	-	-	88,05	-	-	9,95	Fe=1,12
Alumínio 6351 T6	-	0,576	0,910	-	-	-	-	0,010	0,009	-	97,73	Fe=0,19 Mg=0,547

Tabela 1 - Composições químicas dos metais estudados.

ESTUDO EXPERIMENTAL DOS MATERIAIS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

A salinidade foi medida através de um refratômetro manual 211; o PH e a temperatura da água foram medidos através de um phmetro EC500; a condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro MCA-150; e a taxa de corrosão foi calculada a partir da massa obtida através de uma Balança Semi-analítica BK 5002 AGRI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram os metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento. Pode-se observar os processos corrosivos dos diversos metais e garantir a formação de um repositório de imagens da evolução da corrosão dos metais ao longo das semanas.

O processo de oxidação/corrosão foi acompanhado através dos parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como através da taxa de corrosão dos metais.

A medição da salinidade (tabela 2) mostrou que há uma variação da mesma conforme há a evaporação da água dos reservatórios onde os metais estão imersos, pois essa evaporação gera um aumento da concentração de cloreto de sódio (NaCl) na água.

A fim de evitar essa variação de salinidade e proporcionar uma análise mais eficiente e similar às condições encontradas no mar, criou-se um procedimento de completar, semanalmente, o nível com água destilada e garantir a manutenção da salinidade em 34 ppm.

A condutividade elétrica da água salgada possui uma relação direta com a salinidade da água e se manteve



Figura 1a - Metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento

A. Aço Inoxidável 420 B. Aço Inoxidável 430 C. Aço Inoxidável 304 D. Aço 1020 E. Aço 1045



Figura 1b - Metais antes da imersão na água salgada e após 7 (sete) meses de experimento

F. Cobre Eletrolítico G. Latão 360 H. Bronze TM23 I. Bronze 68B J. Alumínio 6351 T6

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013	21/05/2013	21/07/2013
Aço Inoxidável 420	34	37	36	35	36
Aço Inoxidável 430	34	36	36	35	35
Aço Inoxidável 304	34	34	36	36	35
Aço 1020	34	36	36	36	35
Aço 1045	34	36	35	36	35
Cobre Eletrolítico	34	36	36	36	35
Latão 360	34	36	36	36	35
Bronze TM23	34	36	36	36	35
Bronze 68B	34	34	36	35	35
Alumínio 6351 T6	34	35	36	35	35

Tabela 2 - Valores de salinidade antes da adição de água destilada

A tabela 3 mostra a variação do pH da água salgada dos reservatórios. Pode-se observar que, inicialmente, o valor de 8,04 é encontrado para todos os recipientes e, após imersão dos metais na água, o pH varia entre 7,69 e 8,16, ou seja, todos se apresentam com o pH da água alcalino.

No entanto, percebe-se uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al). Na ordem crescente de classificação dos metais utilizados e que possuem cobre, tem-se cobre eletrolítico (99,9 % Cu - 8,080 ppm), bronze 68B (88% Cu - 8,022 ppm), bronze TM23 (70% Cu - 8,004 ppm) e latão 360 (61,8 % Cu - 7,998 ppm).

Essa maior alcalinidade para os metais com teores de cobre (Cu) em sua composição química e menor alcalinidade para o alumínio (7,898 ppm) são explicadas pela tabela 4, que apresenta a série de atividade de metais em solução aquosa (BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005). A série foi estabelecida devido à maior ou menor predisposição dos metais em, dependendo do caso, cederem ou receberem elétrons.

O cobre é um agente redutor fraco e se oxida muito dificilmente. Ele é um agente oxidante forte e se reduz muito facilmente, mantendo a água mais alcalina. Já o alumínio é um agente redutor forte e se oxida facilmente. Pode-se dizer que ele é um agente oxidante fraco e se reduz com muita dificuldade, mantendo a água menos alcalina.

A taxa de corrosão dos metais imersos em solução aquosa salgada, calculada pela equação 1, conforme norma NACE-RP-07-75 (1999), mostrou que, entre os metais analisados, no período de 7 (sete) meses, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas, seguidos do alumínio, cobre eletrolítico, bronze TM 23, aço inoxidável 430, aço carbono 1045, latão 360, bronze 68B, aço inoxidável 304 e aço inoxidável 420, conforme mostra a tabela 5.

$$\text{Taxa de Corrosão} = \frac{3,65 \cdot \Delta m}{A \cdot t \cdot \rho}$$

Onde: Δm é a perda de massa [g];
A é a área superficial [cm²];
t é o tempo de exposição [anos] e
 ρ é a densidade do metal [g/cm³].

Conforme a tabela 6, percebe-se certa coerência entre os resultados encontrados pela equação 1 e os metais mais anódicos e mais catódicos em água do mar da tabela. No entanto, ainda há certa divergência quanto à exata ordem (classificação) que se poderá obter após um maior período de observação do experimento, pois alguns metais atualmente apresentam placas de corrosão que em breve se desprenderão e ampliarão a taxa de corrosão desses metais. Como os ensaios foram realizados em um período relativamente curto para obtenção de resultados conclusivos acerca da taxa de corrosão, a tendência é que, com mais tempo de exposição ao meio, possa se obter taxas de corrosão com maior coerência entre as tabelas 5 e 6.

Metal	Reação de Oxidação
Lítio	$\text{Li(s)} \longrightarrow \text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$
Potássio	$\text{K(s)} \longrightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$
Bário	$\text{Ba(s)} \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Cálcio	$\text{Ca(s)} \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Sódio	$\text{Na(s)} \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$
Magnésio	$\text{Mg(s)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Alumínio	$\text{Al(s)} \longrightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$
Manganês	$\text{Mn(s)} \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Zinco	$\text{Zn(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Cromo	$\text{Cr(s)} \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$
Ferro	$\text{Fe(s)} \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Cobalto	$\text{Co(s)} \longrightarrow \text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Níquel	$\text{Ni(s)} \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Estanho	$\text{Sn(s)} \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Chumbo	$\text{Pb(s)} \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Cobre	$\text{Cu(s)} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Prata	$\text{Ag(s)} \longrightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$
Mercúrio	$\text{Hg(l)} \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Platina	$\text{Pt(s)} \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
Ouro	$\text{Au(s)} \longrightarrow \text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$

A facilidade de oxidação aumenta

Tabela 4 - Série de atividade de metais em solução aquosa
Fonte: Brown, Lemay e Bursten, 2005.

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013 21/05/2013	21/07/2013	MÉDIA	CLASSIFICAÇÃO
Aço Inoxidável 420	8,04	7,95	7,99	8,02	7,98	5º
Aço Inoxidável 430	8,04	7,73	7,85	7,99	7,90	9º
Aço Inoxidável 304	8,04	8,01	7,91	7,98	7,95	6º
Aço 1020	8,04	7,84	7,90	7,84	7,90	7º
Aço 1045	8,04	7,72	7,69	8,07	8,00	8º
Cobre Eletrolítico	8,04	8,16	8,11	8,08	8,01	1º
Latão 360	8,04	8,01	7,98	7,99	7,97	4º
Bronze TM23	8,04	8,10	8,00	7,98	7,90	3º
Bronze 68B	8,04	7,96	8,02	8,09	8,00	2º

Tabela 3 - Valores de pH encontrados nas soluções aquosas (salgadas) para os diversos metais

O aço inoxidável 430, muito utilizado em ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de corrosão após 80 dias de exposição ao meio salino. Esse processo corrosivo provavelmente está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias, porém isso deverá ser confirmado por meio de microscopia a ser realizada na sequência do experimento.

EXPERIMENTAL DOS TIPOS DE CORROSÃO EM METAIS SOB CONDIÇÕES SALINAS

METAL	21/11/2012	21/01/2013	21/03/2013	21/05/2013	21/07/2013	TAXA DE CORROSÃO (MM/ANO - MEDIDO EM 7 MESES)	CLASSIFICAÇÃO
	MASSA (KG)						
Aço Inoxidável 420	476,0	476,0	476,0	476,0	476,0	0,000	10º
Aço Inoxidável 430	91,5	91,3	91,2	91,1	91,0	0,011	5º
Aço Inoxidável 304	479,2	479,2	479,1	479,1	479,0	0,006	9º
Aço 1020	365,5	365,1	364,5	364,0	363,8	0,049	1º
Aço 1045	353,0	352,9	352,8	352,7	352,7	0,010	6º
Cobre Eletrolítico	302,9	302,4	302,2	302,1	302,0	0,032	2º
Latão 360	387,9	387,9	387,8	387,7	387,6	0,008	7º
Bronze TM23	340,7	340,7	340,7	304,6	304,5	0,018	4º
Bronze 68B	703,4	703,4	703,2	703,1	703,1	0,007	8º
Alumínio 6351 T6	163,1	163,0	162,9	162,8	162,8	0,022	3º

Tabela 5 - Taxa de corrosão (mm/ano) dos metais imersos em solução aquosa salgada

4. CONCLUSÃO

Neste artigo, os parâmetros de salinidade, PH, temperatura e condutividade elétrica da água, bem como a taxa de corrosão, foram estudados. Esses estudos foram realizados em amostras de metais imersas em água do mar. Nos resultados, observou-se que a salinidade e a condutividade elétrica apresentam variação devido à evaporação da água. Essa variação de salinidade foi evitada por meio de um controle semanal e manutenção do nível de água através da inserção de água destilada.

Houve uma maior alcalinidade para os metais que apresentam os maiores teores de cobre (Cu) em sua composição química e uma menor alcalinidade para o alumínio (Al), convergindo para a série de atividade de metais em solução aquosa que estabelece a maior ou menor predisposição dos metais em cederem ou receberem elétrons.

A taxa de corrosão dos metais mostrou que, entre os metais analisados, o aço carbono 1020 e o cobre eletrolítico possuem maiores taxas, seguidos do alumínio, cobre eletrolítico, bronze TM 23, aço inoxidável 430, aço carbono 1045, latão 360, bronze 68B, aço inoxidável 304 e aço inoxidável 420. Percebe-se a coerência entre os resultados encontrados e os metais considerados mais anódicos e mais catódicos em água do mar segundo a literatura.

O aço inoxidável 430, bastante indicado para ambientes marinhos pela excelente resistência à corrosão, apresentou início de um processo corrosivo que, provavelmente, está relacionado ao alojamento de uma colônia de bactérias.

Além disso, pode-se desenvolver um repositório de imagens de corrosão semanal, a fim de contribuir com as aulas das disciplinas de materiais de construção mecânica e corrosão.

Para o desenvolvimento do presente artigo, foi realizado primeiramente um levantamento bibliográfico referente à corrosão; em seguida, uma organização do ambiente laboratorial, com vistas aos testes experimentais

MATERIAL	MATERIAIS MAIS INERTES (CATÓDICOS)	MATERIAIS MAIS ATIVOS (ANÓDICOS)
Platina		
Ouro		
Grafite		
Titânio		
Prata		
Aço Inoxidável 316 (passivo)		
Aço Inoxidável 304 (passivo)		
Inconel (80Ni-13Cr-7Fe) (passivo)		
Níquel (passivo)		
Monel (70Ni-30Cu)		
Ligas Cobre - Níquel		
Bronzes (ligas Cobre - Estanho)		
Cobre		
Latões (ligas Cobre - Zinco)		
Inconel (ativo)		
Níquel (ativo)		
Estanho		
Chumbo		
Aço Inoxidável 316 (passivo)		
Aço Inoxidável 304 (passivo)		
Ferro Fundido		
Ferro e aço (menos os citados anteriormente)		
Ligas de Alumínio		
Cádmio		
Alumínio comercialmente puro		
Zinco		
Magnésio e suas ligas		

Tabela 6 - Série galvânica para alguns metais e ligas em água do mar.
Fonte: Fontana (1987).

5. PRÓXIMAS AÇÕES

Como sugestão para um projeto futuro, pretende-se analisar a possível colônia de bactérias alojada no aço inoxidável 430, a fim de determinar o tipo de bactéria e realizar comparações em diferentes meios (água salgada filtrada, água salgada purificada, água com fitoplânctons e água destilada).

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, à Coordenação de Pesquisa e à Direção do Câmpus Itajaí pelo apoio ao projeto.

Declaração de Direito Autoral

Declaro que o presente artigo é original, não tendo sido submetido à

publicação em qualquer outro periódico nacional ou internacional, quer seja em parte ou em sua totalidade. Declaro, ainda, que uma vez publicado na revista

Técnica Científica, editada pelo Instituto Federal de Santa Catarina, o mesmo

jamais será submetido por mim ou por qualquer um dos demais co-autores a

qualquer outro periódico. Através deste instrumento, em meu nome e em nome dos demais co-autores, porventura existentes, cedo os direitos autorais do referido artigo ao Instituto Federal de Santa Catarina e declaro estar ciente de que a não observância deste compromisso submeterá o infrator a sanções e penas previstas na Lei de Proteção de Direitos Autorais (Nº9609, de 19/02/98).

REFERÊNCIAS

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.
Química – A ciência central. Prentice-Hall, 9 ed., p. 119, 2005.

DILLON, C.P. Corrosion Control in the Chemical Process Industries. McGraw-Hill Book Company, 1990.

FONTANA, M. G. Corrosion Engineering. 3ª Edição. McGraw-Hill, 1987.

GENTIL, V. Corrosão. Editora Guanabara Dois, 1982.
NORMA NACE RP-07-75. Standard recommended practice, preparation, installation, analysis and interpretation of corrosion coupons in oilfield operations, 1999.

RAMANHATAN, L. Corrosão e seu Controle. São Paulo. Ed. Hemus, 1990.

VARIABILIDADE PERCENTUAL DA GLÂNDULA DIGESTIVA DO MEXILHÃO MARRON, *PERNA PERNA* (MOLLUSCA - BIVALVIA), CULTIVADO EM SANTA CATARINA.

THIAGO PEREIRA ALVES

*Recursos Naturais; Instituto Federal de Santa
Catarina, Campus Itajaí
thiago.alves@ifsc.edu.br*

THATIANA DE OLIVEIRA PINTO

*Recursos Naturais; Instituto Federal de Santa
Catarina, Campus Itajaí
thatiana.oliveira@ifsc.edu.br*

GIOVANE FRANCISCO DIAS

*Bolsista; Técnico em Aquicultura; Instituto Federal de
Santa Catarina, Campus Itajaí
giovane fdias@gmail.com*

RESUMO

Moluscos bivalves são os organismos marinhos mais cultivados no litoral de Santa Catarina. Filtrador, resistente e adaptável, o mexilhão marrom (*Perna perna*), adquiriu o status de biomonitor marinho sendo muito utilizado em estudos ambientais. Em métodos de análises são necessários à dissecação de tecidos (ex. glândula digestiva).

Conhecer avariação da porcentagem da glândula digestiva dos mexilhões em relação à biomassa total permite que as técnicas analíticas sejam otimizadas. Provenientes de 4 parques aquícolas, incluídos no programa de monitoramento higiênico e sanitário de moluscos bivalves de Santa Catarina, 10 indivíduos da amostra foram submetidos a análises biométricas. A porcentagem média da glândula digestiva representou aproximadamente 8% da sua biomassa total. Não foram observadas diferenças na proporção da glândula digestiva entre as classes de tamanho. Entre os parques Penha apresentou um valor maior da porcentagem da glândula digestiva. Também foram constatadas diferenças na biomassa total dentro do mesmo ciclo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE

Mexilhão; Glândula digestiva; *Perna perna*.

VARIABILIDADE PERCENTUAL DA GLÂNDULA DIGESTIVA DO MEXILHÃO MARRON,

1. INTRODUÇÃO

Moluscos bivalves são os principais organismos marinhos cultivados em Santa Catarina, colocando o Estado no topo da produção aquícola marinha do Brasil (MPA 2009; ALVES e SILVA 2011). Como consequências do seu processo de alimentação os moluscos bivalves podem acumular e transferir para os demais níveis tróficos, substâncias, patógenos e poluentes, através dos processos de bioacumulação e biomagnificação. Esta característica alimentar e fisiológica faz dos mexilhões um dos principais vetores biológicos de disseminação de contaminantes na cadeia trófica marinha (HICKS e MCMAHON, 2002; DEGGER et al., 2011).

Os mexilhões, de maneira geral, atuam na remoção de substâncias da água e devido a grande capacidade de adaptação e tolerância às variações do ambiente são amplamente utilizados como organismo biomonitor marinho, principalmente, em estudos de impactos ambientais (BELLOTTO et al., 2005; CONCEIÇÃO et al. 2008; TANIGUCHI et al. 2008; SÁENZ et al. 2010), no monitoramento das condições sanitárias e da qualidade da água no ambiente marinho (GIBBS 2004; BELLOTTO e FRANCONI 2008; RESGALLA-JR e MORAES 2008; DEGGER et al. 2011).

Parte das substâncias filtradas fica acumulada na glândula digestiva (GD), um órgão complexo que tem sua proporção em peso e volume variando em função das características fisiológicas e metabólicas. Variações fisiológicas resultam do ciclo reprodutivo, período de desova, recrutamento, entre outros, enquanto que as variações metabólicas são resultantes da pressão que o ambiente exerce sobre o funcionamento do organismo (RESGALLA-JR. et al. 1999; MARENZI e BRANCO, 2005; CUEVAS et al., 2015).

Métodos de análise, oficiais e normativos, e técnicas analíticas que utilizam mexilhões, geralmente empregam a glândula digestiva como principal tecido analisado (NOEL et al. 2004; DIOGÈNE e IGLESIA 2013; MCCARRON et al. 2014; STEWART e MCLEOD 2014; TURNER et al. 2013; MAFRA et al. 2015; NOGUEIRA et al., 2015). Nosso estudo teve como objetivo estimar a proporção da glândula digestiva do mexilhão marrom, *Perna perna*, cultivado em Santa Catarina, assim como caracterizar a variação de proporção entre diferentes locais de produção.

2. METODOLOGIA

Os mexilhões foram obtidos de quatro parques aquícolas catarinenses (fig. 1) que estão incluídas no programa de monitoramento higiênico e sanitário de moluscos bivalves de Santa Catarina (PNCMB/SC), desenvolvido pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) através da Rede de Laboratórios Oficiais - RENAQUA. Cada parque aquícola possui características específicas, podendo citar: a) Costeira do Riberião localizado na Baía Sul, um ambiente marinho semifechado com baixa hidrodinâmica e dominado por marés; b) Zimbros, região localizada em uma baía semifechada com elevada hidrodinâmica dominado por ondas e com um expressivo aporte continental (FERREIRA et al. 2004); c) Penha, uma enseada orientada para nordeste com elevada hidrodinâmica que sofre influência do Rio Itajaí-Açu (D'AQUINO et al. 2006); e d) Paulas localidade próximo a desembocadura da Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina, um importante estuário que sofre inúmeras pressões antrópicas (CREMER, 2006).

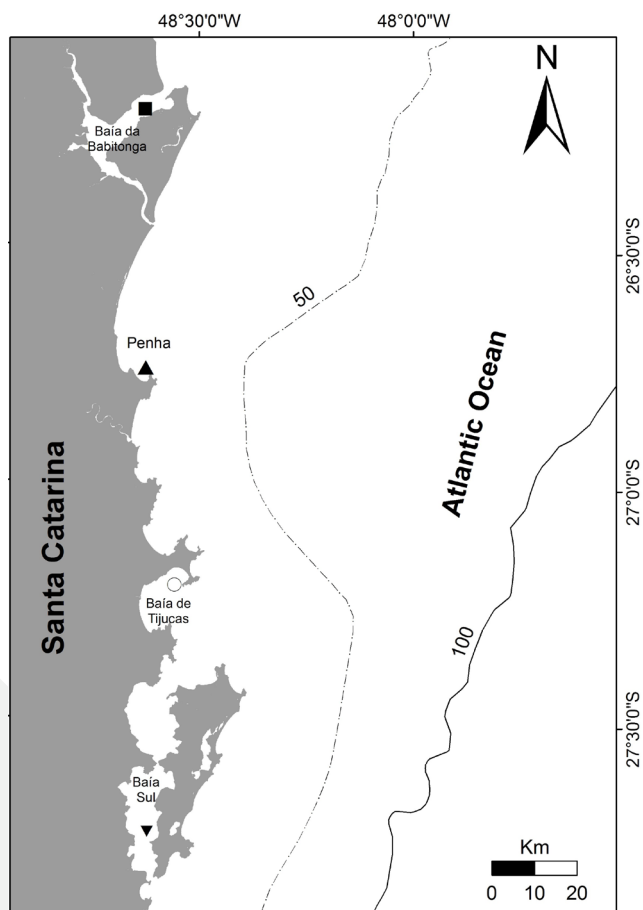


Figura 1 - Ilustração do litoral centro-norte de Santa Catarina, com os parques aquícolas identificados.
(o) Zimbros, (▼) Costeira, (▲) Penha e (■) Paulas.

Foram retiradas amostras de 10 indivíduos em cada parque aquícola com periodicidade quinzenal para as análises biométricas e determinação da porcentagem da glândula digestiva. O comprimento da concha de cada indivíduo foi determinado utilizando um paquímetro analógico de aço (precisão de 0,1cm) e após este processo foi dissecado e sua glândula digestiva (GD) removida, drenada em papel absorvente, e pesada. O restante do organismo eviscerado foi retirado da concha, drenado em papel absorvente e pesado separadamente (PE). Os pesos da GD e do organismo eviscerado (PE) foram determinados com auxílio de uma balança analítica (precisão de 0,01g). A relação percentual da glândula digestiva em relação ao peso total (%GD) foi obtida através da seguinte equação:

$$\% GD = \left(\frac{GD}{GD+PE} \right) \times 100$$

Onde:

%GD = porcentagem em peso da glândula digestiva

GD = peso da glândula digestiva,

PE = peso do organismo eviscerado

Com os valores obtidos foram aplicadas as análises estatísticas comparativas (ANOVA), onde no caso de observadas diferenças significativas foram aplicados os testes de Tukey para indicação das variáveis divergentes entre os tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral os moluscos que foram analisados, em sua maioria, eram compostos por indivíduos adultos e estavam dentro do padrão comercial brasileiro. Um total de 690 mexilhões analisados nos quatro parques aquícolas (tabela 1), apresentaram um tamanho médio de concha de $8,1 \pm 1,62$ cm, com valor máximo de $9,1 \pm 0,81$ (Costeira do Ribeirão) e mínimo de $7,5 \pm 1,58$ cm (Penha). Os parques de Penha e de Paulas foram diferentes de todas as demais localidades ($F= 120,52$, $p < 0,05$), Costeira e Zimbros não apresentaram diferenças com relação ao tamanho das conchas. O peso total por indivíduos foi em média $11,9 \pm 6,13$ g/ind (Figura 2) e variou significativamente entre as regiões ($F= 45,5067$, $p < 0,05$), com mínimo de $8,1 \pm 0,7$ g/ind (Penha) e máximo de $14,3 \pm 0,94$ g/ind (Zimbros). Penha e Paulas, também foram os parques que apresentaram diferenças entre si e entre os demais, não sendo observadas diferenças entre Costeira e de Zimbros. Estes valores estão abaixo das medições realizadas por MARENZI e BRANCO (2005), quando foram observados valores de até 23g/ind em oito meses de cultivo. Neste estudo foram encontrados valores de até 38g por indivíduo, embora grande parte dos mexilhões apresentasse valores abaixo dos 20 g/ind. Provavelmente a diferença observada reflita a prática comum entre os produtores comerciais de moluscos de colher os mexilhões com tamanhos menores (média de 6-7 cm), aumentando o número de ciclos de produção e garantindo a oferta de produto durante todo o ano.

	N	PHp (g)	±I.C.	PTc (g)	±I.C.	Tc (cm)	±I.C.	%Hp	±I.C.
Costeira do Ribeirão	190	1,1	0,06	13,9	0,63	9,1	0,12	8,3	0,32
Penha	180	0,7	0,04	8,1	0,70	6,8	0,18	9,1	0,32
Paulas	160	0,9	0,08	11,4	1,12	7,5	0,25	8,3	0,32
Zimbros	160	1,1	0,07	14,3	0,94	8,9	0,25	8,2	0,32
TOTAL	690	1,0	0,03	11,9	0,46	8,1	0,12	8,5	0,18

Tabela 1 - Valores de média e intervalo de confiança para as variáveis analisadas nos 4 pontos que representam as regiões de produção. N= número de indivíduos amostrados, PHp= peso da glândula digestiva, PTc= peso total do indivíduo, Tc= comprimento da concha, %Hp= porcentagem da glândula digestiva, I.C.= intervalo de confiança 95%.

O peso médio da glândula digestiva foi de $1,0 \pm 0,03$ g, com valores oscilando entre $0,7 \pm 0,04$ e $1,1 \pm 0,07$ g, mínimo e máximo respectivamente. Estatisticamente ($F= 49,9889$, $p< 0,05$) as diferenças observadas foram similares para as demais variáveis analisadas sendo os parques de Penha e de Paulas diferentes de todos os demais com exceção da Costeira e de Zimbros, que não diferiram entre si. Tais observações tem uma aplicação direta no planejamento analítico de experimentos que irão utilizar os mexilhões, pois permitem ao pesquisador determinar a quantidade de indivíduos necessária para seu trabalho promovendo a economia de recursos financeiros e insumos laboratoriais.

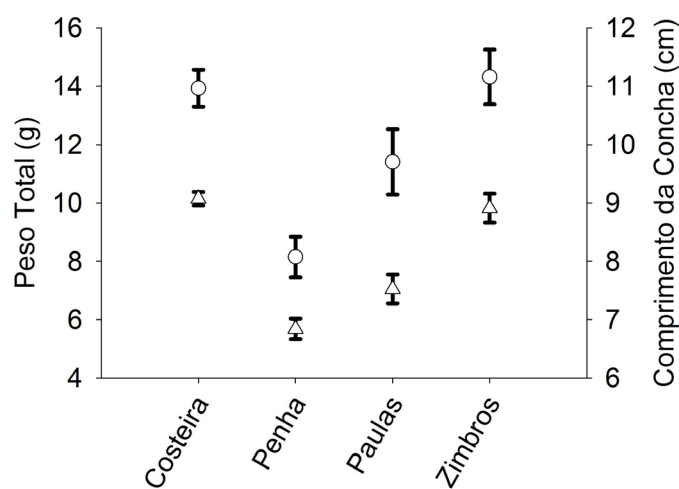


Figura 2 - Valores de média e do intervalo de confiança (95%) do peso total por indivíduo (o) e do comprimento da concha (Δ) de cada parque aquícola.

A relação percentual da glândula digestiva foi em média $8,5 \pm 0,18\%$, com valor máximo registrado em Penha ($9,1 \pm 0,39\%$) e mínimo na região de Zimbros ($8,2 \pm 0,32\%$). Estas diferenças observadas entre as regiões de produção foram estatisticamente similares entre as regiões, com exceção de Penha ($F= 5,8688$, $p< 0,05$).

A variação nesta relação percentual possivelmente reflete aspectos pontuais e particularidades dos parques aquícolas bem como sofrem influência direta das práticas de manejo dos produtores locais. regiões, com exceção de Penha ($F= 5,8688$, $p< 0,05$).

Quando comparadas a porcentagem da glândula digestiva em relação ao peso total dos mexilhões, observa-se uma tendência de redução, quase linear, com o aumento da biomassa dos mexilhões (fig. 2). Este padrão provavelmente esteja relacionado ao ciclo reprodutivo, visto que tais discrepâncias se deram em indivíduos adultos e maduros. De acordo com RESGALLA-JR (2008) durante a fase de maturação da gônada os moluscos alocam mais energia na produção das gônadas e com isto reduzem o volume/peso da glândula digestiva, bem como na fase de pós-desova a biomassa total descrece consideravelmente devido ao tempo necessário para o organismo se recompor fisiologicamente do esforço reprodutivo.

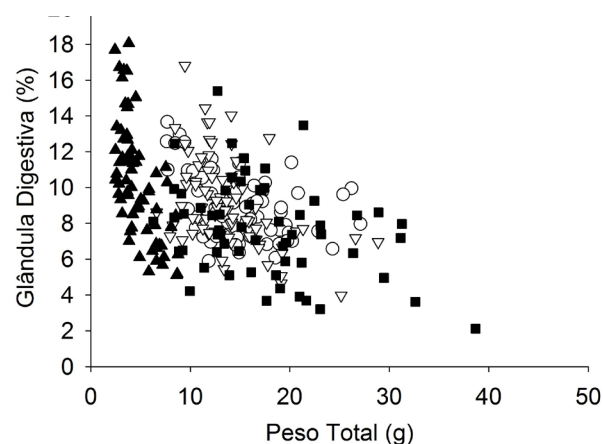


Figura 3 - Relação entre os valores absolutos da proporção da glândula digestiva e o peso total por indivíduo nos quatro locais de produção.

(o) Zimbros, (∇) Costeira, ($\blacktriangle$) Penha e ($\blacksquare$) Paulas.

VARIABILIDADE PERCENTUAL DA GLÂNDULA DIGESTIVA DO

Na comparação entre os diferentes parques aquícolas (fig. 3), a porcentagem da glândula digestiva foi similar entre os parques, com exceção de Penha que apresentou uma variação acima da média geral. Em todos os demais, considerando as variações do intervalo de confiança, apresentaram valores dentro do padrão médio estimado, levando a conclusão de que embora os organismos sejam cultivados em ambientes diferentes a variação da glândula digestiva está mais relacionada com os aspectos fisiológicos do que metabólicos dos mexilhões. Também é possível afirmar que existe uma relação inversa entre biomassa e a porcentagem da glândula digestiva, corroborando com outros estudos que demonstram que quando o mexilhão está com as gônadas maduras ou quando próximo do período de colheita, onde seu manto está bastante desenvolvido, a proporção do trato digestivo fica reduzida (RESGALLA et al. 2007).

Observamos que a porcentagem média da glândula digestiva representa aproximadamente 8% do peso total do molusco. No entanto estes valores podem variar de 7 a 9%. Outros estudos similares da biologia e fisiologia de moluscos bivalves, utilizando diferentes gêneros demonstram que a porcentagem de tecidos e órgãos em relação a biomassa total dos organismos varia consideravelmente entre os gêneros, entre as regiões geográficas de produção e respondendo diretamente as pressão que o ambiente impõem nas

variações fisiológicas e metabólicas destes organismos (GALIMANY et al. 2008; RESGALLA-JR.; PIOVEZAN 2009; WANG et al. 2011; ROLA ET AL. 2012; COSTA et al. 2013).

3. CONCLUSÕES

Concluímos que a proporção média do trato digestivo dos mexilhões no litoral de Santa Catarina representa 8% da biomassa total do indivíduo e pode variar entre 7 e 9%, sendo influenciado por fatores como período do ciclo de produção, época do ano, período de maturação e situações de estresse fisiológico.

Embora a porcentagem média da glândula digestiva não se altere significativamente entre as regiões de produção, foi observada uma tendência negativa entre a porcentagem da glândula digestiva e a biomassa total do indivíduo, permitindo inferir que indivíduos juvenis tenderão a apresentar uma porcentagem mais elevada da glândula digestiva se comparados com os indivíduos adultos.

4. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à rede oficial de Laboratório da Pesca e Aquicultura (RENAQUA) por disponibilizar o excedente das amostras encaminhadas ao LAQUA-Itajaí e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação por fomentar a pesquisa científica aplicada ao trabalho técnico, dentro da rede federal de educação profissional.

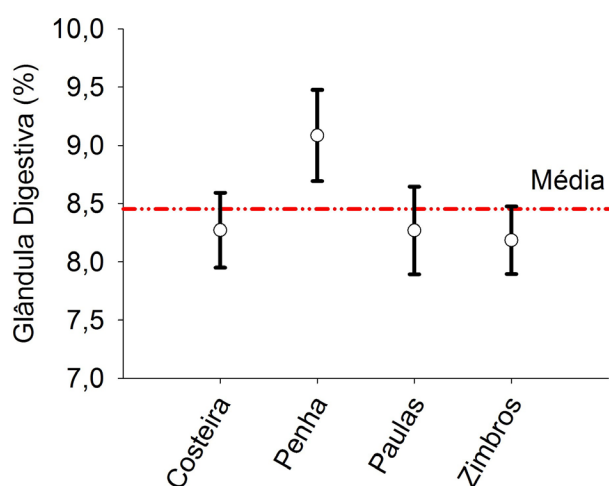


Figura 4 - Valores de média e intervalo de confiança (95%) da proporção da glândula digestiva em cada local de produção.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.; SILVA, F. M. Síntese Informativa da Maricultura 2011. Florianópolis, 2011.

BELLIOTTO, V. R.; BRITO, P. C.; MANZONI, G.; WEGNER, E. Biomonitoramento Ativo de Metais Traço e Efeito Influência de Efluente de Indústria de Beneficiamento de Aço - FASE I. Brazilian Journal of Aquatic and Science Technology, v. 9, n. 2, p. 33-37, 2005.

- BELLOTTO, V. R.; FRANCIONI, E. Níveis de Metais e sua Aplicação na Análise e Monitoramento Ambiental. In: C. Resgalla-Jr; L. I. Weber; M. B. da Conceição (Eds.); O Mexilhão Perna perna (L.): biologia, ecologia e aplicações. p.324, 2008. Rio de Janeiro: Interciência.
- CONCEIÇÃO, M. B. DA; FILHO, D. W.; PESSATTI, M. L.; FONTANA, J. D. Biomarcadores de Poluição. In: C. Regalla-Jr; L. I. Weber; M. B. da Conceição (Eds.); O Mexilhão Perna perna (L.): biologia, ecologia e aplicações. p.324, 2008. Rio de Janeiro: Interciência.
- COSTA, P. M.; CARREIRA, S.; COSTA, M. H.; CAIRO, S. Development of histopathological indices in a commercial marine bivalve (*Ruditapes decussatus*) to determine environmental quality. *Aquatic toxicology* (Amsterdam, Netherlands), v. 126, p. 442-54, 2013.
- CREMER, M. J. O Estuário da Baía da Bibitonga. In: M. J. Cremer; P. R. D. Morales; T. M. N. Oliveira (Eds.); Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga. p.15-19, 2006. Joinville: UNIVILLE.
- CUEVAS, N.; ZORITA, I.; COSTA, P. M.; FRANCO, J.; LARRETA, J. Development of histopathological indices in the digestive gland and gonad of mussels: integration with contamination levels and effects of confounding factors. *Aquatic Toxicology*, v. 162, p. 152-164, 2015.
- D'AQUINO, C. A.; SCHETTINI, C. A. F.; CARVALHO, C. E. V. Dinâmica de sedimentos finos em zonas de cultivo de moluscos marinhos. *Atlântica*, v. 28, n. 2, p. 103-116, 2006.
- DEGGER, N.; WEPENER, V.; RICHARDSON, B. J.; WU, R. S. S. Brown mussels (*Perna perna*) and semi-permeable membrane devices (SPMDs) as indicators of organic pollutants in the South African marine environment. *Marine pollution bulletin*, v. 63, n. 5-12, p. 91-7, 2011.
- DIOGÈNE, J.; IGLESIA, P. DE. The implementation of liquid chromatography tandem mass spectrometry for the official control of lipophilic toxins in seafood : Single-laboratory validation under four chromatographic conditions. *Journal of Chromatography A*, v. 1275, p. 48-60, 2013.
- FERREIRA, J. F.; BESEN, K.; WORMSBECHER, A. G.; SANTOS, R. F. Physical-chemical parameters of seawater mollusc culture sites in Santa Catarina - Brazil. *Journal of Coastal Research*, , n. 39, p. 1122-1126, 2004.
- GALIMANY, E.; SUNILA, I.; HÉGARET, H. H.; RAMÓN, M.; WIKFORS, G. H. Experimental exposure of the blue mussel (*Mytilus edulis*, L.) to the toxic dinoflagellate *Alexandrium fundyense*: Histopathology, immune responses, and recovery. *Harmful Algae*, v. 7, n. 5, p. 702-711, 2008.
- GIBBS, M. T. Interactions between bivalve shellfish farms and fishery resources. *Aquaculture*, v. 240, n. 1-4, p. 267-296, 2004.
- HICKS, D. W.; MCMAHON, R. F. Respiratory responses to temperature and hypoxia in the nonindigenous Brown Mussel, *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), from the Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 277, n. 1, p. 61-78, 2002.
- LEAL DIEGO, A. G.; DORES RAMOS, A. P.; MARQUES SOUZA, D. S.; et al. Sanitary quality of edible bivalve mollusks in Southeastern Brazil using an UV based depuration system. *Ocean & Coastal Management*, v. 72, p. 93-100, 2013.
- MAFRA, L. L.; RIBAS, T.; ALVES, T. P.; et al. Differential okadaic acid accumulation and detoxification by oysters and mussels during natural and simulated *Dinophysis* blooms. *Fisheries Science*, 2015. Springer Japan.
- MARENZI, A. W. C.; BRANCO, J. O. O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus) (Bivalvia, Mytilidae) em cultivo na Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 2, p. 394-399, 2005.
- MCCARRON, P.; WRIGHT, E.; QUILLIAM, M. A. Liquid Chromatography/Mass Spectrometry of Domoic Acid and Lipophilic Shellfish Toxins with Selected Reaction Monitoring and Optional Confirmation by Library Searching of Product Ion Spectra. *Journal of AOAC International*, v. 97, n. 2, p. 316-324, 2014.
- MPA, M. DA P. E. A. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasília, 2009.

- MPA, M. DA P. E A. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasília, 2009.
- NOEL, M. B.; MANZONI, G.; WEBER, L. I. Genetic Differentiation in Natural and Cultured Mussels of *Perna perna* (MOLLUSCA , MYTILIDAE) in Santa Catarina. Brazilian Journal of Aquatic and Science Technology, v. 8, p. 55-63, 2004.
- NOGUEIRA, L.; GARCIA, D.; TREVISAN, R.; et al. Biochemical responses in mussels *Perna perna* exposed to diesel B5. Chemosphere, v. 134, p. 210-216, 2015.
- PEARCE, I.; HANDLINGER, J. H.; HALLEGRAEFF, G. M. Histopathology in Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat caused by the dinoflagellate *Prorocentrum rhathymum*. Harmful Algae, v. 4, n. 1, p. 61-74, 2005.
- RESGALLA, C.; BRASIL, E. S.; LAITANO, K. S.; FILHO, R. W. R. Physioecology of the mussel *Perna perna* (Mytilidae) in Southern Brazil. Aquaculture, v. 270, n. 1-4, p. 464-474, 2007.
- RESGALLA-JR, C. Fisiologia energética. In: C. Resgalla-Jr; L. I. Weber; M. B. Conceição (Eds.); O Mexilhão *Perna perna* (L.): biologia, ecologia e aplicações. p.324, 2008. Rio de Janeiro: Interciência.
- RESGALLA-JR, C.; MORAES, R. B. C. DE. Uso em Ensaios Ecotoxicológicos. In: C. Resgalla-Jr; L. I. Weber; M. B. da Conceição (Eds.); O Mexilhão *Perna perna* (L.): biologia, ecologia e aplicações. p.324, 2008. Rio de Janeiro: Interciência.
- RESGALLA-JR, C.; MANZONI, G.; KUROSHIMA, K. N.; REIS-FO, R. W.; LAITANO, K. S. Variabilidade nas Taxas Fisiológicas do Mexilhão *Perna perna* em Dois Sítios de Cultivo do Litoral. Brazilian Journal of Aquatic and Science Technology, v. 3, p. 33-40, 1999.
- RESGALLA-JR, C.; PIOVEZAN, A. DE C. Fisiologia Alimentar do Berbigão *Anomalocardia brasiliana* (GMELIN , 1791) (MOLLUSCA : BIVALVIA). Atlântica, v. 31, n. 1, p. 69-78, 2009.
- ROLA, R. C.; MONTEIRO, M. D. C.; REIS, S. R. D. S.; SANDRINI, J. Z. Molecular and biochemical biomarkers responses in the mussel *Mytilus edulis* collected from Southern Brazil coast. Marine pollution bulletin, v. 64, n. 4, p. 766-771, 2012.
- SÁENZ, L. A.; SEIBERT, E. L.; ZANETTE, J.; et al. Biochemical biomarkers and metals in *Perna perna* mussels from mariculture zones of Santa Catarina, Brazil. Ecotoxicology and environmental safety, v. 73, n. 5, p. 796-804, 2010.
- STEWART, I.; MCLEOD, C. The Laboratory Mouse in Routine Food Safety Testing for Marine Algal Biotoxins and Harmful Algal Bloom Toxin Research: Past, Present and Future. Journal of AOAC International, v. 97, n. 2, p. 356-372, 2014.
- TANIGUCHI, S.; MONTONE, R. C.; BÍCEGO, M. C.; WEBER, R. R. Indicadores de Poluição por Hidrocarbonetos e Organoclorados. In: C. Resgalla-Jr; L. I. Weber; M. B. da Conceição (Eds.); O Mexilhão *Perna perna* (L.): biologia, ecologia e aplicações. p.324, 2008. Rio de Janeiro: Interciência.
- TURNER, A. D.; LEWIS, A. M.; O'NEIL, A.; HATFIELD, R. G. Transformation of paralytic shellfish poisoning toxins in UK surf clams (*Spisula solida*) for targeted production of reference materials. Toxicon : official journal of the International Society on Toxinology, v. 65, p. 41-58, 2013.
- WANG, Y.; HU, M.; WONG, W. H.; SHIN, P. K. S.; CHEUNG, S. G. The combined effects of oxygen availability and salinity on physiological responses and scope for growth in the green-lipped mussel *Perna viridis*. Marine pollution bulletin, v. 63, n. 5-12, p. 255-61, 2011.

PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO ORGÂNICA DE *PHYSALIS* NA REGIÃO DO EXTREMO-OESTE CATARINENSE

JANAÍNA MUNIZ

*Técnica de Laboratório em Agroecologia no Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Lages
janaina.muniz@ifsc.edu.br*

ALCIONE MIOTTO

*Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal de Santa Catarina, Campus São Miguel do Oeste
alcione.miotto@ifsc.edu.br*

MARIA LUIZA SCHEREN

*Acadêmica do curso em Antropologia UFSC, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima; Técnica em Agroecologia e bolsista do projeto (IFSC - SMO).
mluizascheren@gmail.com*

LUCIANE RODRIGUES PINTO PINHEIRO

*Autônoma; Técnica em Agroecologia e bolsista do projeto (IFSC - SMO).
lucianerpp@gmail.com*

RESUMO

A cultura da *physalis* (*Physalis peruviana*), família das solanáceas, ainda é pouco explorada no Brasil, mas é opção de diversificação para pequenos produtores, com boas perspectivas para o mercado nacional e internacional. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a percentagem de emergência de plântulas e a produção orgânica de *P. peruviana* em diferentes ambientes de cultivo (protegido e campo) na região do Extremo-oeste Catarinense. O experimento foi conduzido na safra agrícola 2014/15, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus São Miguel do Oeste. As mudas foram propagadas por sementes e otransplante foi realizado quando as plantas apresentavam dois pares de folhas e aproximadamente 10 cm de altura. A correção do solo e adubação de plantio foi de acordo com a análise de solo e com produtos permitidos pela agricultura orgânica. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Cada repetição foi composta por cinco plantas. Os tratamentos foram constituídos por dois diferentes tipos de ambiente de cultivo (protegido e campo). Avaliaram-se as seguintes variáveis: número de frutos por planta, produção por planta, massa verde e diâmetro dos frutos. Os dados obtidos de produção e qualidade dos frutos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias analisadas pelo teste de Tukey a ($p > 0,05$). Os resultados da emergência de plântulas foram apresentados em forma de gráfico e expressos em número e percentagem. Pode-se inferir que as sementes de *P. peruviana* apresentam alta taxa de germinação e emergência de plântulas (99,22 %); que a época tardia de plantio influencia negativamente na produção e qualidade dos frutos e que o cultivo orgânico de *P. peruviana* é uma alternativa de produção, mas que, em condições de campo e cultivo protegido, na região do Extremo-oeste Catarinense, apresenta baixa produção e produtividade. No entanto, esses dados foram baseados apenas em um ano de cultivo e com poucas plantas cultivadas. Portanto, faz-se necessário dar continuidade aos estudos e avaliações, para resultados mais confiáveis e recomendações mais seguras.

PALAVRAS-CHAVE

Physalis peruviana L., Emergência de plântulas, Cultivo protegido.

PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO ORGÂNICA DE *PHYSALIS* NA REGIÃO DO EXTREMO-OESTE CATARINENSE

1. INTRODUÇÃO

Os países andinos são o centro de origem mais provável das espécies selvagens do gênero *Physalis*, o qual possui aproximadamente 100 espécies diferentes (CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, 2000). A *physalis* (*Physalis peruviana* L.) é uma planta herbácea e arbustiva da família das solanáceas, que vem sendo cultivada como pequena fruta exótica de elevado valor no mercado. Os frutos são pouco conhecidos na maioria das regiões brasileiras, mas destacam-se por serem ricos em vitaminas A e C, flavonoides e carotenoides. São muito apreciados, especialmente se cultivados em sistemas orgânicos, que, por estarem livres de agrotóxicos, têm um valor agregado, elevando seu potencial econômico (RUFATO et al., 2013). O interesse recente pelo seu cultivo deve-se às boas perspectivas de mercado nacional e internacional da fruta (RUFATO et al., 2008).

Os métodos de propagação de *physalis* são sexuado, através do uso de sementes, método assexuado, utilizando-se estacas e cultivo *in vitro* (ALMANZA, 2000; CHAVES, 2006). Comercialmente, a forma mais comum de propagação da *physalis* é por sementes, já que estas possuem alto percentual de germinação (85 a 90 %) (MUNIZ, 2011).

A *P. peruviana* pode se desenvolver numa ampla gama de condições agroecológicas e está classificada como uma espécie muito tolerante a condições adversas, devido a sua adaptabilidade a diversos tipos de clima e solo (RUFATO et al., 2013; MUNIZ et al., 2015). Seu cultivo é relativamente simples e prático. Porém, em atividades comerciais, é necessário adotar técnicas de cultivo como condução e tutoramento das plantas, poda de formação e desbrota, adubação de correção e manutenção e tratamentos fitossanitários (MUNIZ et al., 2011). De modo geral, caracteriza-se pelo baixo custo de implantação, o que a torna uma cultura acessível a pequenos e médios agricultores (MUNIZ et al., 2015).

Nos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, algumas instituições de pesquisa estão realizando trabalhos com diferentes formas de propagação de *physalis*, diferentes sistemas de produção e em distintos locais de cultivo (MUNIZ et al., 2012). No entanto, os resultados dessas pesquisas ainda são recentes e a tecnologia de produção dessa cultura ainda não está consolidada, dificultando a sua expansão.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a percentagem de emergência de plântulas e produção orgânica de *Physalis peruviana* em diferentes ambientes de cultivo (protegido e campo) na região do Extremo-oeste Catarinense.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2014 e abril de 2015, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Câmpus São Miguel do Oeste (26°44' S e 53°31' O), com altitude média de 622 m. O clima da região é subtropical do tipo Cfa (mesotérmico úmido, com verão quente), com precipitação pluvial anual média de 1.700 a 1.900 mm.

As sementes de *Physalis peruviana* L. foram semeadas no dia 31 de outubro de 2014, em bandejas de poliestireno expandido (isopor) preenchidas com substrato comercial Maxfertil®, em sistema *floating* (tipo piscina). Dos 21 aos 41 dias após a semeadura, avaliou-se o número de plântulas emergidas em cada bandeja. O percentual final de emergência foi obtido através da contagem direta do número de plântulas emergidas, sendo os resultados transformados para percentual (%).

Quando as plantas apresentaram aproximadamente 10 cm de altura e dois pares de folhas (em torno de 30 dias após a emergência), foram transplantadas nos canteiros com o solo

PROPAGAÇÃO E PRODUÇÃO ORGÂNICA DE *PHYSALIS* NA HORTA ESCOLAR DO OESTE

previamente corrigido e preparado de acordo com as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS, 2004) para a cultura do tomateiro, utilizando-se cama de aves como adubo.

O transplante das mudas foi realizado no dia 27 de novembro de 2014, em cultivo protegido (estufa) e em condições de campo. O plantio foi realizado em posições adjacentes nos dois ambientes de cultivo e no mesmo tipo de solo, com uma distância de aproximadamente cinco metros entre um ambiente e outro. A irrigação foi por gotejamento e utilizou-se como cobertura *mulching* plástico (Figura 1A). O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre filas e 1,0 m entre plantas (densidade de plantio de 4000 plantas por hectare).

Durante o ciclo da cultura, realizou-se alguns tratos culturais. O desbrote foi realizado sempre que necessário. O controle de lagartas foi realizado com *Bacillus thuringiensis*, enquanto o controle de outros insetos, especialmente a vaquinha (*Diabrotica speciosa*), foi realizado com armadilhas amarelas e bioinseticida a base de óleo de neem. Não houve o aparecimento de doenças durante o ciclo da cultura. O sistema de condução utilizado foi em "Y", no qual dois ramos principais foram definidos e então tutorados com fitilhos de polietileno. Um sistema de suporte das plantas foi montado com mourões de eucalipto e arames posicionados a 1,8 m do solo (Figuras 1B e 1C).



Figura 01 – Muda de *physalis* recém-transplantada no local definitivo (A); plantas sem condução, na área experimental (B); plantas tutoradas em cultivo protegido (C); e colheita de frutos de *Physalis peruviana* (D), na safra 2014/15, no IFSC - Câmpus São Miguel do Oeste.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Cada repetição foi composta por cinco plantas em cada ambiente de cultivo.

As avaliações foram realizadas semanalmente a partir do início da maturação dos frutos, sendo que a primeira colheita foi realizada em 02 de março e, a última, em 06 de abril de 2015, totalizando seis colheitas. O ponto de colheita foi determinado de acordo com a Norma Técnica Colombiana nº 4.580, de 1999, do Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ou seja, os frutos foram colhidos com pedúnculo, com o cálice amarelo e o fruto com coloração alaranjado (estádio 4 de maturação) (Figura 1D).

Os componentes de produção e qualidade de frutos avaliados foram número de frutos por planta (n° planta⁻¹), massa verde de frutos por planta (g planta⁻¹), diâmetro médio dos frutos (mm) e massa verde dos frutos (g).

Para a determinação da massa verde, foram utilizados 10 (dez) frutos, por repetição, coletados aleatoriamente, os quais foram pesados em balança semianalítica (precisão de 0,05g) e medidos em sua linha média horizontal, após a retirada das brácteas, com o auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,05 mm).

Os dados obtidos foram tabulados e os resultados dos componentes de produção e qualidade dos frutos foram apresentados em tabela e expressos na forma de média e desvio padrão ($n=3$). Os resultados de produção foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias analisadas pelo teste de Tukey a ($p>0,05$). Os resultados da emergência de plântulas foram apresentados em forma de gráfico e expressos em número e percentagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *P. peruviana* apresentaram excelente germinação. Aos 39 dias após a semeadura, 99,22% das sementes propagadas germinaram e emergiram, tornando-se excelentes mudas para serem levadas para o local definitivo de plantio (Figura 02). Esse resultado corrobora com o encontrado por Fischer et al. (2005), os quais citam que as sementes de *physalis* possuem alto percentual de germinação, em torno de 85 a 90%, e germinam em 10 a 15 dias. Já Kuhn et al. (2012) relatam que apenas 33% de sementes maduras de *Physalis peruviana* germinaram e emergiram.

Embora a *P. peruviana* seja considerada uma espécie muito rústica, ela apresentou baixa adaptação nas condições edafoclimáticas de São Miguel do Oeste, Santa Catarina, resultando em baixa produção por planta e produtividade por área.

O que pode ter interferido negativamente no cultivo de *physalis* no município pode estar associado com a época tardia de transplante, clima quente da região, falta de adubação e/ou outras técnicas de cultivo ainda não conhecidas e recomendadas para a cultura. No entanto, deve-se ressaltar que esses dados foram baseados apenas em um ano de cultivo e em poucas plantas cultivadas. Portanto, faz-se necessário dar continuidade aos estudos e avaliações para resultados mais confiáveis e recomendações mais seguras.

No cultivo protegido, a produção semanal de frutos foi praticamente constante da segunda à sexta semana, com aproximadamente 20 a 40 gramas por planta, não caracterizando picos de produção. A produção por planta foi considerada extremamente baixa, com aproximadamente 150g por planta em sistema protegido e incipiente em sistema de cultivo a campo (Tabela 01). Essa produção está muito aquém do potencial da *physalis*, que pode chegar a até 3 a 4kg por planta (RUFATO et al., 2008; LIMA, 2009; MUNIZ, 2011). Essa diferença pode estar relacionada à adaptação ao clima e às condições de manejo como espaçamento, adubação, irrigação, entre outras.

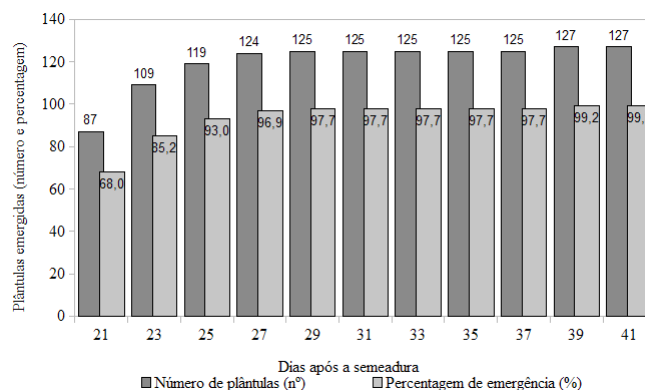


Figura 02 - Número e percentagem (%) de germinação e emergência de plântulas de *Physalis peruviana* em sistema floating em casa de vegetação (estufa). Fonte: Dados dessa pesquisa.

O número de frutos por plantas foi maior no sistema protegido do que no cultivo a campo. Entretanto, mesmo em condições de casa de vegetação (estufa), o número de frutos obtidos neste ensaio foi reduzido, variando de 4 (início da colheita) a 17 frutos (final do ciclo). Durante todo o ciclo da cultura, cada planta de *physalis* cultivada em sistema protegido produziu aproximadamente 70 frutos por planta (Tabela 01). Muniz (2011), testando diferentes sistemas de condução de plantas de *physalis* na região central de Santa Catarina, relata produções até 5 vezes maiores da observada neste trabalho, com mais de 300 frutos por planta, com produção equivalente a mais de 500g por planta. Rodrigues et al. (2013), em Lavras, MG, verificaram produção média de frutos de *physalis* de 215 g planta⁻¹ e produtividade estimada de aproximadamente 955 kg ha⁻¹.

Por outro lado, a massa verde média dos frutos foi muito similar entre os dois sistemas de cultivo (protegido e campo). Além disso, a massa média dos frutos praticamente permaneceu inalterada durante o período produtivo, variando entre 2,5 e 3,0g por fruto (Tabela 1). Os frutos obtidos nas condições apresentadas são considerados pequenos, pois, em outras condições, os frutos de *physalis* facilmente atingem de 4 até 10 gramas (MUNIZ, 2011; RUFATO et al., 2013).

Nº E DATA DE COLHEITA	ATRIBUTOS	CULTIVO PROTEGIDO	CULTIVO A CAMPO
COLHEITA 1 (02/03/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	9,1 ± 6,4	3,4 ± 3,5
	Frutos, n° planta ⁻¹	3,9 ± 2,5	2,2 ± 2,6
	MV média do fruto, g	2,6 ± 1,1	1,6 ± 0,8
	Diâmetro do fruto, mm	25,5 ± 4,4	23,2 ± 3,4
COLHEITA 2 (11/03/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	24,4 ± 13,4	0,4 ± 1,0
	Frutos, n° planta ⁻¹	8,9 ± 4,9	0,3 ± 0,7
	MV média do fruto, g	3,0 ± 0,9	3,2 ± 3,2
	Diâmetro do fruto, mm	26,3 ± 3,8	19,6 ± 3,2
COLHEITA 3 (16/03/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	19,9 ± 10,8	-
	Frutos, n° planta ⁻¹	7,9 ± 3,8	-
	MV média do fruto, g	2,4 ± 0,7	-
	Diâmetro do fruto, mm	26,4 ± 2,8	-
COLHEITA 4 (25/03/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	39,7 ± 13,4	-
	Frutos, n° planta ⁻¹	16,7 ± 5,9	-
	MV média do fruto, g	-	-
	Diâmetro do fruto, mm	-	-
COLHEITA 5 (31/03/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	39,8 ± 16,1	-
	Frutos, n° planta ⁻¹	17,0 ± 6,0	-
	MV média do fruto, g	2,8 ± 0,6	-
	Diâmetro do fruto, mm	28,4 ± 2,8	-
COLHEITA 6 (17/04/2015)	MV dos frutos, g planta ⁻¹	24 ± 7,9	-
	Frutos, n° planta ⁻¹	15,1 ± 6,1	-
	MV média do fruto, g	-	-
	Diâmetro do fruto, mm	-	-
TOTAL	MV dos frutos, g planta ⁻¹	156,8	3,7
	Frutos, n° planta ⁻¹	69,5	2,5
	MV média do fruto, g	2,6	1,8
	Diâmetro do fruto, mm	26,7	22,7

Tabela 01 - Número e massa verde (MV) de frutos por planta (g planta⁻¹), massa verde média (g) e diâmetro médio (mm) dos frutos de *Physalis peruviana* orgânica em cultivo protegido (estufa) e condições de campo, na região do Extremo-oeste de Santa Catarina. FONTE: Dados desta pesquisa. Dados apresentados como média ± desvio padrão (três repetições).

Condição bastante similar pode ser observada no comportamento do diâmetro médio dos frutos. No sistema de cultivo protegido (estufa), os frutos tenderam a ser um pouco maiores, medindo em média 26,7mm, superando por 3mm àqueles obtidos em condições de campo (Tabela 01). Frutos com essas dimensões foram observados também em outros estudos e podem ser considerados normais (MUNIZ, 2011).

Cabe salientar que os dados obtidos neste trabalho são preliminares e necessitam de mais estudos. Uma das possíveis explicações ao baixo desempenho

produtivo da *P. peruviana* nas condições apresentadas é a época do ano na qual o experimento foi conduzido. Com plantio no início de dezembro, as plantas foram expostas ao calor intenso dos meses de verão e, mesmo com irrigações frequentes, por várias vezes apresentavam-se com murcha nas horas mais quentes do dia. Isso ocorreu mesmo em ambiente protegido, pois não havia sistema de ventilação forçada. Mesmo assim, é notável que, em ambiente protegido, as plantas desenvolveram-se melhor e houve uma maior facilidade de controle de pragas e doenças.

Pode-se dizer também que a produção e produtividade do *physalis* foram consideradas muito baixas nas condições em estudo, devido ao atraso na data de transplante das mudas, a qual deveria ser, por recomendação, final de setembro ou meados de outubro, devido aos fenômenos climáticos como temperatura, fotoperíodo e graus dias, os quais interferem negativa e positivamente nas fenofases da cultura (crescimento, desenvolvimento, floração e frutificação). Nas condições em estudo, as plantas foram transplantadas para o local definitivo em dezembro, dois a três meses depois da recomendação, sendo que nessa época já poderiam ter nascido os primeiros frutos.

Conforme López (1978) e Galvez (1995), para plantios de *physalis* em locais com temperaturas elevadas (aproximadamente 30 °C), o crescimento vegetativo tende a ser superior; já em condições de clima ameno (aproximadamente 14 °C), existe um estímulo ao florescimento, frutificação e brotação, e o ciclo tende a ser mais curto. Entretanto, Heinze e Midasch (1991) indicam que as plantas de *physalis* respondem positivamente a fotoperíodos curtos, e, desse modo, o florescimento seria favorecido com a redução do comprimento dos dias. Porém, Velásquez (2000) considera as plantas de *physalis* como plantas de dias neutros e dependentes do acúmulo de graus dias para se desenvolverem.

Com base nesses autores, pode-se dizer que, devido às plantas serem transplantadas em época mais tardia, as condições climáticas interferiram negativamente no cultivo, produção e qualidade dos frutos de *P. peruviana* na região do Extremo-oeste Catarinense.

4. CONCLUSÕES

As sementes de *P. peruviana* apresentam alta taxa de germinação e emergência de plântulas (99 %). O cultivo orgânico de *P. peruviana* em ambiente protegido e condições de campo, na região do Extremo-oeste Catarinense, apresenta baixa produção e produtividade.

A época tardia de plantio influencia negativamente na produção e qualidade dos frutos de *P. peruviana* na região do Extremo-oeste Catarinense.

REFERÊNCIAS

ALMANZA, P. J. Propagación. En: FLÓREZ, V. J.; FISCHER, G.; SORA, A. D. (Ed.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 27-40, 2000.

CHAVES, A. C. Propagação e avaliação fenológica de *Physalis* sp na região de Pelotas, RS. 2006. 65 f. Tesis (Doctorado) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS). Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 1. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004, 400 p.

Corporación Colombia Internacional, Universidad de Los Andes y Departamento De Planeación Nacional. Análisis Internacional del Sector Hortofrutícola para Colombia. Editorial El Diseño, Bogotá, 1994. p. 165.

GALVEZ, P. G. S. Comportamento en postcosecha de frutos de uvilha (*Physalis peruviana*) provenientes de plantas bajo distintos niveles de fertilización. 1995. 68 p. Graduação (Agronomia) - Escuela de Agronomia. Universidad de Chile, Santiago.

HEINZE, W.; MIDASCH, M. Photoperiodic reaction of *Physalis peruviana* L. Gartenbauwissenschaft, Berlin, v. 56, n. 6, p. 262-264, 1991.

REFERÊNCIAS

KUHN, P. R.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; KOCH, F.; WERNER, C. J. Produção de mudas de fisalis (*Physalis peruviana*) provenientes de sementes de frutos verdes e maduros submetidas a diferentes substratos. *Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1378-1385, 2012.

LIMA, C. S. M. Fenologia, sistemas de tutoramento e produção de *Physalis peruviana* na região de Pelotas, RS. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

LOPEZ, A. S. Un nuevo cultivo de alta rentabilidad la uvilha o uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Esso Agrícola*, v. 25, n. 2, p. 21-28, 1978.

MUNIZ, J. Sistemas de condução e espaçamentos para o cultivo de *physalis* (*Physalis peruviana* L.) no planalto catarinense. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, CAV/ UDESC, Lages, 2011.

MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; GATIBONI, L. C. Principais pesquisas realizadas com o cultivo de *Physalis* no Sul do Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DA PHYSALIS, 2., 03-04 abr. 2012, Lages. Anais... Lages: UDESC, p. 56-79, 2012.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 00-00, 2015.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. dos S.; SOARES, J. D. R.; SILVA, R. A. L.; PASQUAL, M. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1771-1777, 2013.

RUFATO, A. R.; RUFATO, L.; LIMA, C. S. M.; MUNIZ, J. A cultura da *physalis*. In: *Pequenas Frutas*. 1. ed. Florianópolis: Editora da UDESC, 2013, v. 1, p. 143-194.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; SCHELEMPER, C.; LIMA, C. S. M.; KRETZSCHMAR, A. A. Aspectos técnicos da cultura da *physalis*. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 2008. 100 p.

VELÁSQUEZ, A. C. Comportamiento agronomico de *Physalis peruviana* L. em diferentes cultivos. 2000. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Facultad de Agronomia y Veterinaria. Universidad de Guayaquil, Equador.

A PESQUISA PARTICIPANTE NO DIRECIONAMENTO DE TRATAMENTO DE FITOPATÓGENOS

MAGALI REGINA

*Professora do curso de Agroecologia, Instituto
Federal de Santa Catarina,
Campus Canoinhas
magali.regina@ifsc.edu.br*

ROSELEI ALVES DE BORBA

*Aluna do curso de Agroecologia, Instituto
Federal de Santa Catarina,
Campus Canoinhas
roselei.borba@bol.com.br*

RESUMO

A permanência dos produtores nas técnicas de produção agroecológica diante dos problemas de pragas e doenças constitui um momento crítico. Através da pesquisa participante, o presente trabalho buscou verificar soluções locais para o controle preventivo de doenças em hortaliças de produtores agroecológicos da região de Canoinhas. O trabalho foi realizado no Assentamento Manoel Alves Ribeiro e por meio de reuniões e entrevistas semiestruturadas, os agricultores definiram o talco de basalto no controle preventivo de doenças do tomateiro. Os tratamentos consistiram de 0 (testemunha), 10, 15 e 20% de diluição de talco de basalto. As plantas de tomate foram avaliadas visualmente e receberam notas de 1 a 5 conforme a incidência de doenças. A diluição de 0% diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, nas duas colheitas, apresentando incidência de doenças com avaliação de 2,85 na primeira colheita e 3,8 na segunda. Os tratamentos com 10, 15 e 20% de talco de basalto não diferiram estatisticamente, entre si, nas duas colheitas. O silício presente na composição do pó de basalto (45-50%), atua como barreira física fortalecendo a camada de células epidérmicas. O talco de basalto na diluição de 10% pode ser utilizado pelos agricultores para promover um controle preventivo de doenças em plantas de tomate.

PALAVRAS-CHAVE

Doenças. Controle. Fungos.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de doenças em plantas nos sistemas agroecológicos é bastante discutida entre os pesquisadores, mas, de forma geral, existe um consenso com relação a ciclagem de nutrientes e o equilíbrio biológico consequentes do surgimento de populações de microrganismos nas culturas. Embora haja a prevalência por técnicas agroecológicas como, por exemplo, o consórcio e a rotação de culturas objetivando uma menor incidência de patógenos e pragas, algumas vezes epidemias podem ocorrer principalmente em recentes conversões de manejo. As doenças em hortaliças podem acontecer de forma muito específica em determinadas regiões o que, muitas vezes, dificulta o controle com práticas mais generalizadas. No entanto, a observação do produtor pode orientar muitos dos diagnósticos e sinalizar algumas possíveis formas de controle. Como reforça Canuto (2007), a observação é condição essencial em sistemas agroecológicos, pois melhora a capacidade de interpretação dos problemas e de formação das repostas tanto dos produtores quanto dos pesquisadores.

O fato da Agroecologia ser uma ciência nova e receber influências da Ecologia, Agronomia e Ciências Humanas faz com que muitos fatores devam ser analisados conjuntamente para a resolução de problemas. Os instrumentos da pesquisa clássica respondem de forma parcial às necessidades da agricultura familiar e à complexidade dos agroecossistemas. Assim, para que ocorra o desenvolvimento de conhecimentos para aplicação em sistemas reais deve ocorrer a aproximação entre pesquisadores e agricultores (CANUTO, 2007).

Algumas metodologias são muito utilizadas para o levantamento de problemas junto ao produtor ou a uma comunidade rural e vão de encontro com o que estabelece o Projeto Pedagógico Institucional do IF-SC (PPI), uma vez que articula os saberes existentes com as necessidades dos indivíduos e da sociedade, já que ciência e tecnologia são produções humanas marcadas por escolhas políticas e culturais. Entre os métodos existentes, a pesquisa participante proporciona ao pesquisador o conhecimento da realidade alvo e enriquece o processo de pesquisar, transformar e

e construir conhecimento coletivo (PRADA, 1996). Através de diferentes metodologias de diagnósticos, se realiza o levantamento de informações, servindo, assim, como base para o planejamento de uma ação técnica (CANUTO, 2007).

A partir de uma metodologia que viabiliza demandas reais e buscam soluções locais a extensão se insere como uma ação vinculada uma que coloca os acadêmicos voltados para os problemas sociais com o objetivo de encontrar soluções através de pesquisa aplicada.

Desta forma o presente projeto de pesquisa teve por objetivo diagnosticar e buscar soluções locais para as doenças em hortaliças de produtores agroecológicos da região de Canoinhas.

2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido com produtores de hortaliças com base agroecológica do Assentamento Manoel Alves Ribeiro do município de Irineópolis - SC, pertencente à região do Planalto Norte.

Dentro da pesquisa participante foi utilizado o método de Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) para o levantamento de dados, referente a hortaliça e tratamento, utilizando algumas ferramentas próprias do método, como:

- Entrevistas semiestruturadas: entrevista guiada por 10 - 15 perguntas formuladas antecipadamente.
- Matriz de hierarquização de problemas por pares: compara problemas identificados, segundo importância e/ou urgência para a comunidade (VERDEJO 2006; RIBEIRO et al., 1997).

Após a escolha da hortaliça, foi instalado o experimento para controle de doença, também conduzido no município de Irineópolis SC no Assentamento Manoel Alves Ribeiro (MIMO) latitude 26°15'464" "longitude 50° 46'391" altitude 810 m. O delineamento experimental foi o de blocos causalizados com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo as parcelas constituídas de 4 plantas espaçadas 0,5 x 0,5 m. O talco de basalto foi diluído em água nas proporções de 0 (testemunha), 10, 15 e 20% e aplicado com o auxílio de um pulverizador, duas vezes por semana, até o final da colheita. A irrigação utilizada foi por

A PESQUISA PARTICIPANTE NO DIRECIONAMENTO DE FORTALECIMENTO

gotejamento para melhor aproveitamento da água e menor propagação de doenças. A adubação foi feita com esterco de frango curtido (cama aviário) 10 kg/m². Foram realizadas duas colheitas retirando todos os tomates maduros. As plantas de tomate foram avaliadas visualmente nas duas colheitas e receberam notas de 1 a 5 conforme a incidência de doenças (baixa, de baixa a média, média, de média a alta e alta incidência de doenças).

Os dados foram avaliados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento das metodologias do DRP contribuiu para facilitar aos agricultores na escolha da hortaliça, sendo a planta de tomate a selecionada, nas reuniões, para a etapa seguinte da pesquisa no controle de doenças. Para isso, a entrevista semiestruturada, aplicada nos agricultores, pode fazer o levantamento quanto ao uso do talco de basalto, dentre outras perguntas. O talco de basalto foi mencionado pela maioria dos agricultores no controle de doenças em plantas de tomate, como pode ser observado na Figura 1.

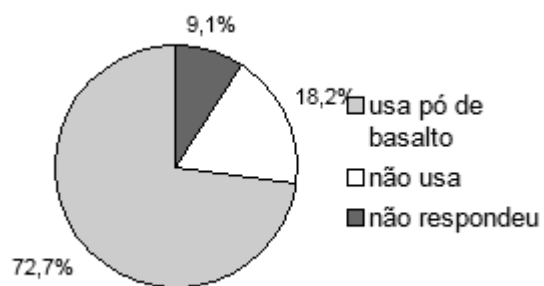


Figura 1. Porcentagem de agricultores que utilizam talco de basalto no controle de doenças em plantas de tomate

O experimento instalado com a utilização do talco de basalto em plantas de tomate possibilitou verificar que a diluição de 0% diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1), nas duas colheitas, apresentando incidência de doenças com avaliação de 2,85 na primeira colheita e 3,8 na segunda. Os tratamentos com 10, 15 e 20% de talco de basalto não diferiram estatisticamente, entre si, nas duas colheitas.

DILUIÇÃO	PRIMEIRA COLHEITA	SEGUNDA COLHEITA
0%	2,85 a B	3,80 b A
10%	1,75 a B	1,80 a B
15%	1,90 a B	1,90 a B
20%	1,75 a B	1,75 a B

Tabela 1. Avaliação visual das plantas de tomate com utilização de talco de basalto no controle de doenças. Letras minúsculas: Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença significativa dentro da mesma linha.

Resultados positivos também foram encontrados por Branchaglione et al. (2009) utilizando pó de rocha silicatada no controle de bacteriose de maracujazeiro. O controle de doenças através da aplicação de talco de basalto no controle de doenças ainda é pouco estudado, no entanto as pesquisas com o silício, presente em sua composição (45-50%), indicam que este atua como barreira física fortalecendo a camada de células epidérmicas (MARSCHNER, 1995).

A aplicação de pós de rocha como fonte de nutrientes tem sido pesquisado, assim como, o seu uso no controle insetos em determinadas culturas (MELAMED; GASPAR; MIEKELY, 2007; MICHALOVICZ et al., 2009), mas ainda há poucos estudos com relação a doenças.

4. CONCLUSÃO

Através da pesquisa participante pôde-se determinar a diluição de 10% de talco de basalto para ser utilizada pelos agricultores no controle preventivo de doenças em plantas de tomate.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Assentamento Manoel Alves Ribeiro, de Irineópolis, pela participação na pesquisa.

Agradeço à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação e ao Instituto Federal de Santa Catarina pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

AYRES, M.; AYRES Jr M.; AYRES, D. L.; Santos, A. S. Programa BioEstat 5.0. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Biomédicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém. 2005

BRANCHAGLIONE, P.; SAMPAIO, A. C.; FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M. de; FUMIS, T. F. Eficiência da argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* in vitro e mudas de maracujazeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, 31, 3, 718-724, 2009.

CANUTO, J.C. Construção do conhecimento agroecológico e recuperação da capacidade de observação. Revista Brasileira de Agroecologia, 2, 1, 351-354, 2007

CEPA/EPagri - Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina, Florianópolis, Ed. CEPA/Epagri, 2010, 315 p.

PATRICIO, F. R. A. Controle de doenças de hortaliças - convencional vs. alternativo. *Biológico*, 69, 2, 97-90, 2007.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

RIBEIRO, M. F. S.; LUGÃO, S. M. B.; MIRANDA, M.; MERTEN, G. H. Métodos e técnicas de diagnóstico de sistemas de produção. In RIBEIRO, M. F. S. (Coord) O enfoque sistêmico em P&D: a experiência metodológica do IAPAR. Londrina, IAPAR, 1997.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELY, N. Pó de rocha como fertilizante alternativo em sistema de produção sustentáveis em solos tropicais. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. 2007. 26 p.



REQUISITOS BÁSICOS PARA ORIENTAR PROJETOS DE INTERFACES PARA EAD A PARTIR DE TEORIAS DE APRENDIZAGEM E DA USABILIDADE

CAROLINA ANDERSON CARIONI AMORIM
*Instituto Federal de Santa Catarina,
Campus Gaspar
carolina.carioni@ifsc.edu.br*

RESUMO

As vantagens da Educação a Distância têm contribuído para o aumento das demandas de cursos nesta modalidade de ensino no Brasil. Para permitir o aprendizado, as interfaces de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem devem ser fáceis de usar e apresentar navegação intuitiva e amigável. Sendo assim, este estudo pretendeu identificar os requisitos básicos para projetos de interfaces de EaD a partir das teorias de aprendizagem de Piaget e Vygotsky e da usabilidade, de acordo com Jordan (1998), Nielsen (1994) e Preece et. al (2013). Como resultado, foram apresentados requisitos para o desenvolvimento de projetos de cursos EaD, como a criação de ambientes participativos que diminuem a sensação de solidão do aluno.

PALAVRAS-CHAVE

EaD; Teorias da aprendizagem; Usabilidade.

REQUISITOS BÁSICOS PARA ORIENTAR PROJETOS DE INTERFACES PARA EAD A PARTIR DE TEORIAS DE APRENDIZAGEM E USABILIDADE

1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual enfrenta transformações no âmbito das comunicações, principalmente no modo de interação entre as pessoas, devido ao elevado fluxo de informação que percorre rapidamente pela internet. Essas transformações, como o uso de correio eletrônico, bate-papos, redes sociais, têm afetado não só as relações interpessoais, mas também organizações empresariais, governamentais, educacionais, entre outras.

Em face da expansão das tecnologias digitais e das vantagens proporcionadas pela Educação a Distância (EaD), verifica-se um aumento significativo na demanda e oferta de cursos nessa modalidade de ensino no Brasil. Uma das razões para esse crescimento é que o uso de ambientes virtuais para o ensino e a aprendizagem permite a universalização da educação, além da maior flexibilidade nos horários de estudo e a quebra de barreiras geográficas.

A EaD, de acordo com definições encontradas no Decreto 5.622 (BRASIL, 2005), é a modalidade de educação na qual a interferência didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com o uso de meios e tecnologias de informação e comunicação. Nesse processo, estudante e professor desenvolvem atividades educativas em lugares e em tempos diferentes. Uma das vantagens da EaD é, portanto, a ampliação do acesso à educação, de forma a possibilitar a aprendizagem a qualquer momento, incentivando o aluno a estudar e pesquisar com mais responsabilidade e autonomia, sem depender dos limites impostos pelo tempo ou pelo espaço geográfico.

De acordo com dados recentes encontrados no portal da Empresa Brasil de Comunicação - EBC, a EaD cresceu, entre os anos de 2011 e 2012, mais que a educação presencial. O censo publicado pelo Ministério da Educação (MEC) no dia 17 de setembro de 2013 afirma que, no período de um ano, houve um aumento de 12,2% de matrículas efetivadas em cursos na modalidade a distância e 3,1% em presenciais.

O uso da internet propicia a estruturação da EaD, contribuindo, principalmente, para o acesso de grande parte da população à educação. Porém, a organização e a gestão das informações nessa modalidade de educação diferem-se dos modelos tradicionais de ensino. As mediações pedagógicas na EaD são específicas para o ambiente virtual, o que traz desafios e a necessidade de novos profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos, como conteudistas, designers instrucionais, web designers, programadores de áudio e vídeo, entre outros. Na EaD, as principais especificidades estão na organização didática e no movimento do conhecimento, já que ocorrem em tempo e espaço diferentes. Os encontros presenciais não são frequentes e os virtuais podem ser síncronos ou assíncronos.

Dentro desse contexto, parte-se do pressuposto que as interfaces para materiais educacionais digitais para a EaD devem ser fáceis de utilizar e possuir navegação intuitiva e amigável. Dessa forma, tendo como base teorias de aprendizagem e de usabilidade, pretende-se identificar os requisitos básicos que resultam em orientações claras e efetivas para o projeto de interfaces de EaD, com a finalidade de contribuir com o sucesso do aprendizado eletrônico.

A pesquisa caracteriza-se como sendo de natureza aplicada, pois os requisitos propostos como resultados finais são dirigidos à elaboração de materiais educacionais virtuais com elevado grau de usabilidade. A forma de abordagem é qualitativa, visto que os dados teóricos foram analisados de maneira indutiva. É, ainda, uma pesquisa exploratória, pelo fato de proporcionar maior familiaridade com os princípios de usabilidade e com teorias de aprendizagem, tendo em vista a construção de hipóteses. Por fim, apresenta-se como sendo uma pesquisa bibliográfica, visto que foi elaborada a partir de referências relevantes na abordagem dos temas aqui propostos.

REQUISITOS BÁSICOS PARA ORIENTAR PROJETOS DE INTERFACES PARA EAD A PARTIR DE TEORIAS DE USABILIDADE

2. USABILIDADE

A definição de usabilidade mais conhecida é a dada pela Organização Internacional para Padronização - ISO, que a conceitua como sendo "a eficácia, eficiência e satisfação com que usuários específicos podem alcançar metas específicas em um ambiente em particular" (ABNT, 2011). De acordo com a NBR 9241-11/2011, que trata das orientações sobre usabilidade, as definições de eficácia, eficiência e satisfação são as descritas a seguir.

Eficácia é a acurácia e a completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos. Eficiência tem relação com os recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objetivos. Satisfação é a ausência do desconforto e presença de atitudes positivas com o uso de um produto (ABNT, 2011).

Para Martins e Laugen (2005, p. 12), a eficácia "é a medida de quão próximo se chegou dos objetivos previamente estabelecidos", e a eficiência "é a relação entre o que se obteve e o que se consumiu". Sobre a satisfação, Lida (2005, p. 4) afirma que "é o resultado do atendimento das necessidades e expectativas do trabalhador", neste caso, do usuário, ou ainda, mais especificamente, do aluno. Cybis et al. (2010, p. 24) relacionam especificamente a usabilidade com os sistemas interativos quando mencionam que ela "se refere à relação que se estabelece entre usuário, tarefa, interface, equipamento" e os demais *actantes* envolvidos no processo de ensino-aprendizagem a distância, objeto de estudo deste trabalho. Segundo Catapan (2010, p. 3), "*actantes* são todos os mediadores que integram o processo de interação sejam eles humanos ou não humanos".

Jordan (1998) diz que a usabilidade está relacionada com o quão um produto ou serviço é fácil de usar, ou seja, o quão amigável ele se apresenta ao usuário. Na visão do autor, a usabilidade é composta pelos seguintes componentes:

- Capacidade de adivinhar (*guessability*): eficácia,

eficiência e satisfação com que determinados usuários conseguem completar tarefas específicas com um determinado produto pela primeira vez;

- Capacidade de aprendizagem (*learnability*): eficácia, eficiência e satisfação com que determinados usuários conseguem atingir um nível de conhecimento de desempenho em tarefas específicas com um produto tendo já completado aquelas tarefas previamente. Refere-se a quão fácil é aprender a usar o sistema;
- Performance do usuário experiente (*PUE*): eficácia, eficiência e satisfação com que um usuário experiente específico pode atingir tarefas específicas com um produto em particular;
- Potencial do sistema: o nível perfeito de eficácia, eficiência e satisfação em que seria possível completar tarefas específicas com um produto;
- Reusabilidade: eficácia, eficiência e satisfação com que usuários específicos podem alcançar tarefas específicas com um produto particular depois de um longo período longe dessas tarefas.

Para melhorar a usabilidade dos produtos e serviços, ou ainda para considerar no momento do desenvolvimento do projeto, Jordan (1998) elenca dez princípios elementares:

- Consistência: operações semelhantes devem ser realizadas de forma semelhante;
- Capacidade: respeito às capacidades dos usuários;
- Compatibilidade: atendimento às expectativas dos usuários;
- Prevenção e correção de erros: impedimento de erros ou correção fácil e rápida;
- Realimentação: dar retorno aos usuários sobre os resultados de sua ação;
- Controle do usuário: os usuários devem ter o máximo controle possível sobre as interações que terá com o produto;
- Clareza visual: a informação disponibilizada de maneira que possa ser lida rápida e facilmente, sem causar confusão quanto ao seu entendimento;

REQUISITOS BÁSICOS PARA ORIENTAR

- Priorização da funcionalidade e da informação: produto com grande variedade de funções;
- Transferência adequada de tecnologia: a assimilação de tecnologias desenvolvidas para outras áreas pode potencialmente trazer grandes benefícios aos usuários e suas possíveis consequências (problemas);
- Evidência: a solução formal do produto deve iniciar claramente a sua função e o modo de operação.

Para Nielsen (1994), a usabilidade é um dos principais aspectos que influenciam na aceitabilidade de um produto, ou seja, a capacidade de um sistema de satisfazer as exigências e necessidades dos usuários. Os outros fatores importantes relacionados à aceitabilidade dos produtos, segundo o autor, são custo, compatibilidade, confiabilidade e utilidade. Outra preocupação é se o sistema pode ser usado para atingir um determinado objetivo, incluindo procedimentos de instalação e manutenção.

Nielsen (1994) também propôs o que chamou de heurísticas de usabilidade, que estão relacionadas às qualidades básicas que devem ser encontradas em todas as interfaces:

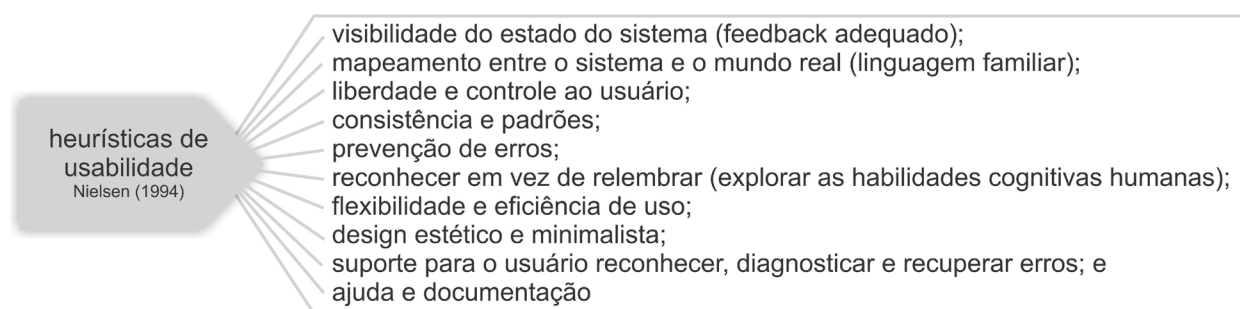


Figura 1 - Heurísticas de usabilidade
Fonte: adaptada de Nielsen (1994)

Para que possa ser medida e avaliada, Nielsen (1994) define a usabilidade em função dos seguintes atributos:

- Aprendizagem: o sistema deve ser de fácil aprendizado - importante para que o usuário possa começar a utilizar um sistema rapidamente;
- Eficiência: o usuário, uma vez tendo aprendido a utilizar um sistema, deve continuar utilizando-o com alta produtividade;
- Memorização: o sistema deve apresentar-se de forma a facilitar a memorização - depois de um longo tempo sem utilizá-lo, o usuário não precisará aprender tudo novamente;
- Erros: a taxa de erros do usuário em relação ao sistema deve ser baixa e erros muito graves não devem acontecer - o sistema deve permitir que o usuário, ao cometer algum erro, possa recuperar o estado anterior a ele;
- Satisfação: o sistema deve ser agradável no uso e fazer com que os usuários gostem dele.

Dessa forma, entende-se que o sistema de ensino a distância deve ser pensado com foco no usuário, sendo que a usabilidade precisa ser considerada durante o processo de desenvolvimento desse produto. Preece et al. (2013, p. 27) elencam questões fundamentais a serem consideradas no desenvolvimento do ambiente interativo para identificar as necessidades do usuário:

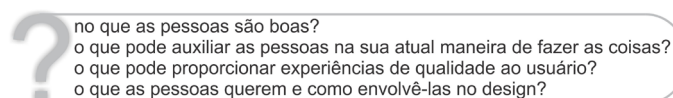


Figura 2 - Questões para o desenvolvimento de ambientes interativos. Fonte: adaptada de Preece et al. (2013).

A usabilidade tem um papel importante para o aprendizado eletrônico. No que tange o favorecimento das interações, "a interface deve ser simples e intuitiva a ponto de o computador ser considerado invisível" (FILATRO, 2008, p. 101).

Outro desafio na EaD é manter os alunos motivados e envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

Algumas diretrizes adaptadas por Filatro (2008, p. 103), a partir das heurísticas de usabilidade de Nielsen (2000), Norman (1990) e Krug (2006), são úteis ao profissional envolvido com projetos de cursos a distância. São elas:

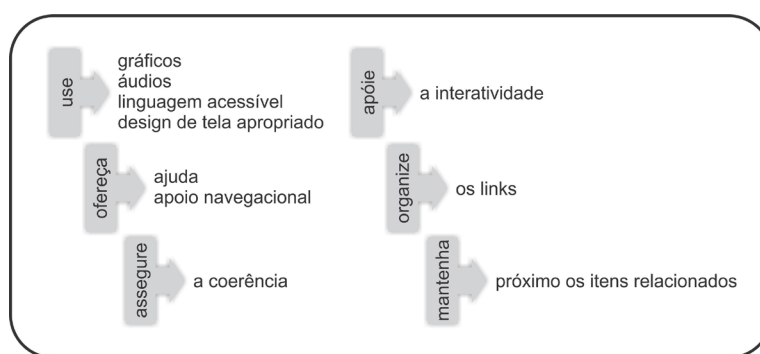


Figura 3 - Diretrizes de usabilidade
Fonte: adaptada de Filatro (2008).

A usabilidade de produtos e serviços proporciona ao usuário a comodidade e facilidade durante o uso. Acredita-se que, em serviços de EaD, não só a usabilidade deve ser considerada no momento do desenvolvimento desse tipo de projeto, mas também as teorias de aprendizagem, para que os conteúdos sejam fáceis de compreender, entre outros aspectos.

3. TEORIAS DA APRENDIZAGEM

Na psicologia e na educação, as teorias de aprendizagem são os vários modelos que objetivam explicar como acontece o processo de aprendizagem nos indivíduos. Entre elas, as teorias propostas por Jean Piaget e Lev Vygotsky tratam da interatividade e da construção coletiva do conhecimento. De acordo com Giusta (2013), os princípios teóricos inaugurados por esses dois autores seriam os mais aplicáveis ao problema da aprendizagem a distância; assim, justifica-se o recorte para o presente estudo. Portanto, faz-se necessário compreender como as teorias de aprendizagem propostas por Piaget e Vygotsky podem contribuir com os processos de mediações e interações entre alunos, conteúdos, professores, tutores, entre outros, bem como com a efetivação da aprendizagem a distância.

O epistemólogo Jean Piaget preocupou-se em conhecer como o indivíduo passa de um estado de menor conhecimento para um estado de maior conhecimento, ou seja, como ele elabora os seus conhecimentos. Assim, afirmou que a base da aprendizagem é o desenvolvimento cognitivo, que ocorre por meio da ação do sujeito com o meio – é a visão interacionista da aprendizagem. Para o autor, a aprendizagem depende do nível de desenvolvimento de cada indivíduo, sendo construída internamente por meio dos processos chamados por ele de assimilação e acomodação (PIAGET, 1976).

Piaget é considerado o fundador do construtivismo, uma teoria do desenvolvimento do conhecimento. Partindo do construtivismo, o autor explica que, quando a pessoa não consegue assimilar certa situação, ou a mente desiste ou ela se modifica. Quando se modifica, ocorre a acomodação e, por conseguinte, a construção de novos esquemas de assimilação e o processo de desenvolvimento cognitivo se estabelece (MOREIRA, 1999). Na assimilação, o meio é alterado para ser incorporado considerando aquilo que já se conhece. Já na acomodação, é o organismo que se altera. A figura 4 procura representar, de forma resumida, o modelo de aprendizagem proposto por Piaget.



Figura 4 - Modelo de aprendizagem de Piaget
Fonte: adaptada de Piaget (1976).

Por outro lado, Vygotsky (1984) explica que o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da interação social, ou seja, da interação do indivíduo com outros e também com o meio. Para o autor, a aprendizagem é fruto da experiência social mediada pela interação entre a linguagem – falada ou escrita – e a ação entre os indivíduos. A figura a seguir demonstra como ocorre o desenvolvimento cognitivo.

Para Vygotsky (1984), a relação entre o sujeito e o meio é sempre mediada por produtos culturais. A relação do homem com o mundo não é direta, ou seja, o desenvolvimento ocorre primeiro no plano social, nas relações, e depois no plano individual, no próprio indivíduo. Para o autor, a aprendizagem provoca desenvolvimento e, para que ela ocorra, a interação deve acontecer dentro do que chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP é a distância existente entre aquilo que o sujeito já sabe – sendo capaz de aplicar sozinho – e aquilo que o sujeito possui potencialidade para aprender – necessitando do auxílio de outros para aplicar. Ou seja, o desenvolvimento ocorre a partir das relações sociais e a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento, sendo que ambos são indissociáveis. Assim, quanto mais aprendizagem, mais desenvolvimento.

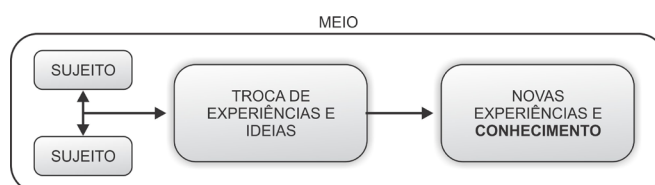


Figura 5 - Modelo de aprendizagem de Vygotsky
Fonte: adaptada de Vygotsky (1984).

Para Vygotsky (1984), a relação entre o sujeito e o meio é sempre mediada por produtos culturais. A relação do homem com o mundo não é direta, ou seja, o desenvolvimento ocorre primeiro no plano social, nas relações, e depois no plano individual, no próprio indivíduo. Para o autor, a aprendizagem provoca desenvolvimento e, para que ela ocorra, a interação deve acontecer dentro do que chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP é a distância existente entre aquilo que o sujeito já sabe – sendo capaz de aplicar sozinho – e aquilo que o sujeito possui potencialidade para aprender – necessitando do auxílio de outros para aplicar. Ou seja, o desenvolvimento ocorre a partir das relações sociais e a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento, sendo que ambos são indissociáveis. Assim, quanto mais aprendizagem, mais desenvolvimento.

4. USABILIDADE E TEORIAS DE APRENDIZAGEM PARA EAD

Para o desenvolvimento de projetos em EaD, acredita-se que devam ser considerados tanto os conhecimentos sobre a usabilidade como aqueles relacionados diretamente ao modo como os indivíduos aprendem. Para isso, buscou-se nas teorias de aprendizagem de Piaget e Vygotsky informações sobre o crescimento cognitivo e como ele ocorre, além dos preceitos sobre a usabilidade de autores que são referência no assunto.

Partindo das teorias de Piaget, para fazer um paralelo entre essas e os princípios de usabilidade anteriormente descritos, em sua visão interacionista da aprendizagem, verificou-se que o desenvolvimento cognitivo ocorre durante a ação do sujeito com o meio ao seu redor. Destaca-se aqui, portanto, a interação entre o indivíduo e o meio, ou seja, entre o aluno e o ambiente de aprendizagem em que está inserido.

Assim, acredita-se que esse ambiente de aprendizagem precisa ser eficiente e eficaz, além de atingir a satisfação do aluno, como é descrita nos conceitos elementares da usabilidade. O ambiente não pode trazer desconforto ao aluno, deve ser agradável ao ser usado e os usuários precisam gostar de frequentá-lo. Um dos recursos aqui sugeridos para se atingir essa meta é o uso de linguagem familiar ao aluno, o chamado mapeamento entre o sistema e o mundo real, uma das heurísticas de usabilidade de Nielsen (1994). Além do uso de linguagem de fácil compreensão do ponto de vista do aluno, uma solução interessante para proporcionar experiências de qualidade aos estudantes seria explorar as metáforas nas práticas pedagógicas. A metáfora é uma figura de linguagem que utiliza um termo ou ideia para representar algo simbolicamente, criando uma relação de semelhança e correspondência (INFOPÉDIA, 2003-2015).

As metáforas são usadas como recursos cognitivos para o auxílio no processo de ensino e aprendizagem quando estão envolvidos conceitos

REQUISITOS BÁSICOS PARA ORIENTAR PROJETOS DE INTERFACES PARA EAD: APLICAÇÃO DE TEÓRICOS DA APRENDIZAGEM

novos ou complexos. Acredita-se que o uso das atribuições de uma metáfora para a explicação de determinados conteúdos torna a aula didática e agradável, além de contribuir para que se atinja a meta principal: o entendimento do que se está transmitindo.

Observando os componentes da usabilidade descritos por Jordan (1998), ainda sob a ótica de Piaget, o conteúdo digital deve se apresentar de forma amigável ao aluno. A interface precisa ser fácil de usar, mas o mesmo não se aplica ao conteúdo que o ambiente acomoda. Pelo contrário, o professor ou o designer instrucional precisa desenvolver atividades que proporcionem um desequilíbrio no conhecimento do estudante. Espera-se que, dessa maneira, o aluno vá buscar o reequilíbrio e ter a oportunidade de agir e interagir com o meio. As atividades precisam, portanto, ser de caráter desafiador, desde que compatíveis com o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno. Quando esse processo se estabelecer, o aluno exercerá um papel ativo na construção de seu próprio conhecimento, tendo no professor o auxílio e a orientação constantes que necessita para concluir seus objetivos. O aluno consolidará o esquema proposto por Piaget, passando pelas etapas de desequilíbrio das estruturas mentais e a consequente reorganização. Por fim, estabelecerá um novo conhecimento e um novo esquema mental. A partir dos componentes de Jordan, pode-se concluir que a aula virtual deve permitir que o aluno complete as atividades propostas e que seja elaborada de maneira a facilitar o aprendizado. A figura 6 sintetiza essas informações:

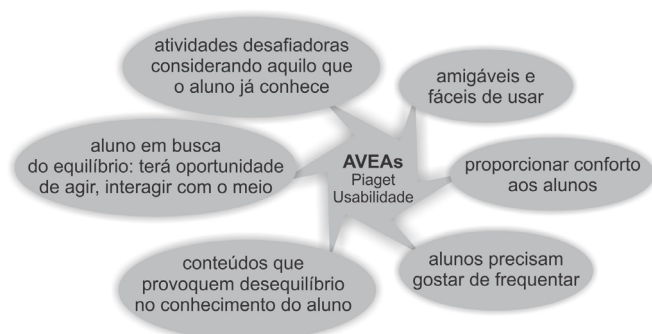


Figura 6 - Requisitos para um AVEA (usabilidade e Piaget)
Fonte: elaborada pela autora, 2015.

Além da preocupação em elaborar atividades desafiadoras, seria importante que o projetista, em consonância com o professor, propusesse práticas didáticas que despertassem no aluno a vontade de buscar informações para que ele próprio consiga solucionar problemas e talvez até sugerir novas proposições. Instigar o aluno a adentrar em confrontos construtivos com seus colegas para defender suas próprias ideias e manter uma discussão contínua contribui para que a aprendizagem se construa internamente. Partindo de uma visão sociointeracionista, que acredita que o conhecimento não só é construído por informações advindas da interação com o ambiente, mas também da interação social, passam a colaborar com este estudo, a partir de agora, as teorias de aprendizagem de Vygotsky.

Para Vygotsky (1984), a interação entre os indivíduos possibilita a geração de novos conhecimentos e proporciona experiências nunca vividas. Ele afirma que a aprendizagem se consolida na utilização de instrumentos e da linguagem em meio às interações sociais (VYGOTSKY, 1984). A usabilidade pode contribuir para o favorecimento dessas interações. Se a interface se apresentar fácil de usar e amigável, provavelmente o aluno atingirá os objetivos de interações propostos pelas atividades dadas.

Jordan (1998), em um de seus princípios elementares de usabilidade, menciona a capacidade e a realimentação. O princípio da capacidade está relacionado à preocupação em respeitar as capacidades dos usuários, que Vygotsky chama de Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP. Para que a aprendizagem seja efetivada, a interação social deve acontecer dentro da ZDP, o que, na maioria dos casos, demanda o auxílio de outra pessoa para a realização da atividade. Já o princípio da realimentação alerta sobre a importância de dar retorno aos usuários sobre os resultados de sua ação. Em EaD, não basta um retorno apenas do sistema como uma resposta automática de confirmação do envio da tarefa, por exemplo, mas um feedback do professor com considerações sobre o desempenho pessoal do aluno. Isso dá a sensação de diminuição da distância entre eles e colabora com a interação entre professor e aluno sugerida por Vygotsky. Nesse universo, o professor atua como um mediador do conhecimento que é construído pelo aluno em um meio.

Cybis et al. (2010) afirmam que a usabilidade está relacionada com os sistemas interativos quando eles favorecem as interações dos usuários entre si, dos usuários com as tarefas, com os equipamentos e com as interfaces. Sendo assim, o professor pode colaborar com o desenvolvimento das interações estimulando os trabalhos em grupo e diminuindo a sensação de solidão do aluno. Esses aspectos serão importantes para que os alunos construam seus conhecimentos, devido à participação ativa e à cooperação, motivando-os e facilitando a aprendizagem de todos os envolvidos. A figura 7 mostra os requisitos para o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem - AVEAs, considerando a usabilidade e as teorias de Vygotsky:



Figura 7 - Requisitos para um AVEA (usabilidade e Vygotsky)
Fonte: elaborada pela autora, 2015.

De acordo com Preece et al. (2013), as experiências de qualidade que o usuário vive são fundamentais e devem ser amplamente consideradas no desenvolvimento de ambientes interativos. O professor deve preferir trabalhar em ambientes de participação, troca de ideias e desafios constantes. Atualmente é explorado o uso de fóruns e chats com esse objetivo, que são ferramentas que mantêm os alunos envolvidos no processo. Filatro (2008) cita algumas diretrizes para a EaD e entre elas destacam-se a importância do apoio à interatividade e a oferta de ajuda aos alunos.

5. CONCLUSÃO

A mediação pedagógica em processos de ensino-aprendizagem em ambientes virtuais difere-se dos modelos presenciais de forma significativa. O caráter assíncrono das atividades, a distância geográfica entre professor e aluno e o meio digital como interface interativa são algumas das características que comprovam a necessidade de modelos específicos de construção de materiais e ambientes para EaD. Devido à inexistência de princípios teóricos específicos, tem-se simplesmente reproduzido os conteúdos tradicionais nos meios digitais, o que pode ser um dos motivos de desmotivação e evasão nos cursos EaD.

Todavia, as heurísticas de usabilidade muito têm a contribuir para a construção de interfaces simples, intuitivas, fáceis de usar e, consequentemente, ainda mais motivadoras quando cruzadas com as teorias de aprendizagem propostas por Piaget e Vygotsky. Os usuários precisam se sentir confiantes e satisfeitos e assim atingir seus objetivos com o menor esforço possível, em pouco tempo e com menos erros. Para se obter maior êxito na EaD, os ambientes virtuais de aprendizagem devem interagir com os alunos sem causar desconforto, sendo agradáveis de frequentar. Para isso, sugere-se o uso de linguagem familiar ao aluno, além de exploração das metáforas nas práticas pedagógicas, pois elas contribuem para que se atinja o entendimento do que se está transmitindo.

Os princípios e diretrizes apresentados nesta pesquisa podem contribuir para uma equipe de profissionais envolvidos no desenvolvimento de cursos a distância e para atingir um bom design em EaD do ponto de vista do aluno, apresentando eficácia, eficiência e satisfação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9241-11: Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 26p.

CATAPAN, Aracy Hack. Mediação Pedagógica Diferenciada. In: ALONSO, Katia Morosov; RODRIGUES, Rosangela S.; BARBOSA, Joaquim G (orgs) Educação a Distância: práticas, reflexões e cenários plurais. Cuiabá: EdUFMT, 2010 p. 71-79.

CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010. 422 p.

BRASIL. Decreto nº 5622, de 19 de dezembro de 2005. Regulamenta O Art. 80 da Lei no 9.394, de 20 de Dezembro de 1996, Que Estabelece As Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF, 19 dez. 2005. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/gto2004-2006/2005/decreto/d5622.htm>. Acesso em: 02 nov. 2015.

FILATRO, Andrea. Design Instrucional na Prática. São Paulo. Ed. Pearson. 2008.

GIUSTA, Agneta da Silva. Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. EducaçãoemRevista, Belo Horizonte, n. 1, vol.29, 2013. ISSN 0102-4698. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-46982013000100003>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

ILDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

JORDAN, Patrick. An introduction to Usability. London: Taylor & Francis, 1998.

KRUG, Steve. Não me faça pensar: uma abordagem de bom senso à usabilidade na Web. Rio de Janeiro: Altabooks, 2006.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. Administração da Produção. São Paulo. Saraiva. 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de Aprendizagens. EPU, São Paulo, 1999.

NIELSEN, Jordan. Usability engineering. San Francisco: Morgan Kaufman, 1994.

NORMAN, Donald. The invisible computer: why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solution. Cambridge: MIT Press, 1990.

PIAGET, J. A. equilíbrio das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PREECE, Jenny; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. Design de Interação: além da interação humano-computador. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 585 p.



CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL BALL AND BEAM

MICHAEL KLUG

*Bacharel em Engenharia Elétrica (UDESC),
Mestrado e Doutorado em Engenharia de
Automação e Sistemas (UFSC);
Instituto Federal de Santa Catarina,
Campus Joinville
michael.klug@ifsc.edu.br*

RESUMO

Neste trabalho aborda-se a construção e controle de uma plataforma experimental tipo Ball and Beam. Para a estrutura optou-se pela utilização de materiais de baixo custo, com o objetivo de colaborar com a instalação futura de um laboratório de controle no IFSC/Joinville. O compensador não linear projetado baseia-se na utilização de modelos fuzzy Takagi-Sugeno e na solução de um problema de otimização convexo descrito por condições baseadas em Desigualdades Matriciais Lineares (LMs). Um exemplo numérico é utilizado para demonstrar o funcionamento da técnica.

PALAVRAS-CHAVE

Ball and Beam, Controle Não Linear, LMs, Modelos Fuzzy T-S.

CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA

1. INTRODUÇÃO

Na grande maioria dos sistemas de controle práticos, é necessário considerar a presença de certas dinâmicas não lineares. O aparecimento destes termos complica o desenvolvimento de controladores, não sendo normalmente possível obter condições de projeto eficientes e gerais. Diversas técnicas têm sido dedicadas ao controle de tais sistemas, não havendo, porém, uma técnica universal (KHALIL, 2003). Neste contexto, nos últimos anos, os modelos fuzzy de Takagi-Sugeno (T-S) têm recebido especial atenção de engenheiros e pesquisadores em sistemas de controle, principalmente por possibilitarem a representação de sistemas dinâmicos não lineares pela conexão de sistemas lineares invariantes no tempo, denominados de regras ou submodelos, através da utilização de funções de pertinência (TANAKA e WANG, 2001). Desta forma, permite-se que a teoria convencional já extensivamente conhecida e estudada, possa ser aplicada para análise e projeto de controladores.

Os modelos fuzzy T-S podem descrever o sistema não linear original de forma aproximada (TEIXEIRA e ZAK, 1999) ou exata, dependendo do número de regras/subsistemas locais utilizados. Uma relação entre precisão e complexidade deve ser levada em conta pelo projetista para a escolha ideal deste número, ao qual uma redução demasiada de regras pode influenciar seriamente o desempenho, ou, até mesmo, causar a instabilidade do sistema (KLUG e CASTELAN, 2012).

Para o projeto de controladores fuzzy tem-se usado atualmente várias técnicas baseadas na Teoria de Lyapunov (KHALIL, 2003), com abordagens normalmente descritas em termos de desigualdades matriciais lineares, também conhecidas por LMIs (do inglês Linear Matrix Inequalities) (BOYD et al., 1994). Diversos trabalhos podem ser encontrados, tanto em tempo contínuo (FENG, 2006), quanto em tempo discreto (GUERRA et al, 2012; WU et al., 2011).

Neste sentido, um dos objetivos deste trabalho é o estudo da implementação de controladores fuzzy T-S

T-S aplicados a plantas reais. O sistema/planta escolhido é o Bola sobre Barra (do inglês Ball and Beam) sendo um clássico exemplo utilizado para benchmark de controladores (LISBOA et al., 2005). O objetivo é manter uma bola, que rola livremente sobre uma barra, numa posição ou trajetória pré-determinada, através do controle automático da inclinação da plataforma. É um sistema que se mostra eficaz para demonstrar os princípios de controle e as vantagens e desvantagens das diferentes topologias existentes.

Com relação ao controle implementam-se algoritmos baseados no trabalho Klug e Castelan (2011), através da realimentação dos estados do sistema, com um determinado coeficiente de contratividade relacionado a convergência temporal da resposta. Outras leis poderão ser posteriormente implementadas, visto que controle e supervisão são efetuados através de um software implementado em Matlab em comunicação com uma placa controladora tipo Arduino UNO, podendo ser reprogramado para aplicação de outras estratégias de controle.

A principal finalidade deste trabalho é mostrar a estudantes e interessados no assunto, a importância do controle automático e não linear, assim como contribuir para a instalação futura de um laboratório de controle no IFSC/Joinville.

2. METODOLOGIA

Diversas estruturas diferenciadas para a plataforma Ball and Beam são encontradas na literatura, tais como as apresentadas nos trabalhos de Wieneke e White (2011) e Chang et al. (2013). Após estudo aprofundado sobre os diferentes métodos de construção, e baseando-se na premissa de se obter uma planta de baixo custo e fácil reprodução, optou-se por alguns materiais específicos e citados na seção a seguir.

CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL BALL AND BEAM

2.1 Construção da Plataforma de Controle

Para a construção do projeto mecânico, utilizou-se do software de CAD 3D SolidWorks, de forma a dimensionar cada componente (WIENEKE e WHITE, 2011). O resultado é apresentado na Figura 1.

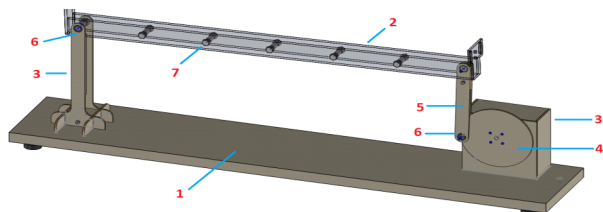


Figura 1 - Desenho 3D da planta Ball and Beam

Os materiais utilizados para construção do Ball and Beam foram:

1. Base da estrutura: MDF (Fibra de Média Densidade);
2. Guia para esfera/bola: Chapa de Acrílico;
3. Suporte fixo e caixa do servomotor: Chapa de TS;
4. Disco acoplado no servomotor: Chapa de TS;
5. Biela: Chapa de TS;
6. Rolamento: Aço;
7. Parafusos: Aço.

As peças mecânicas dos itens 3, 4 e 5 foram usinadas em uma máquina CNC (Controle Numérico Computadorizado). As furações das barras de acrílico, para fixação dos parafusos, foram feitas em uma fresadora industrial.

Para a parte elétrica optou-se pelo uso de um sensor de distância infravermelho, modelo SHARP GP2Y0A21YKOF, a qual possui saída analógica e distância mensurável de 10 a 80 cm, ideal para a aplicação desejada. Quanto ao atuador escolheu-se um servomotor modelo FUTABA S3003, por permitir o posicionamento através de comandos PPM (do inglês *Pulse Position Modulation*), gerados facilmente a partir de qualquer microcontrolador.

2.2 Modelo Matemático do Sistema

Para obtenção do modelo matemático, considera-se que a bola role sem deslizamento e que o atrito entre a barra e a bola seja desprezível (CHANG et al., 2013). As constantes e variáveis utilizadas são definidas na Figura 2.

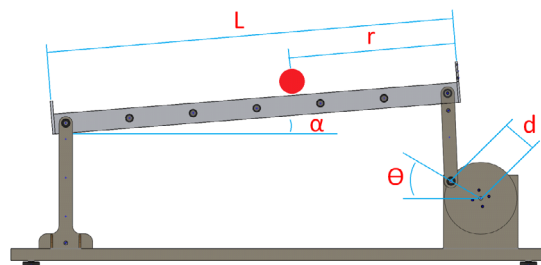


Figura 2 - Parâmetros para Modelo Matemático

Sendo:

- (m) - massa da bola
- (R) - raio da bola
- (d) - deslocamento da alavanca
- (g) - aceleração gravitacional
- (L) - comprimento da barra
- (I) - momento de inércia da bola
- (r) - posição da bola
- (α) - ângulo da barra
- (θ) - ângulo da engrenagem do servomotor

Baseando-se em Lisboa et al. (2005) e ignorando-se alguns efeitos, pode-se chegar à seguinte equação do comportamento dinâmico do sistema:

$$0 = \left(\frac{I}{R^2} + m \right) r + mg$$

Em (1) nota-se a presença do termo $\sin \alpha$, e que pode ser tratado através da linearização do modelo em torno de um ponto de operação, ou pelo processo de modelagem fuzzy T-S descrito em Tanaka e Wang (2001) e Feng (2010). Essas duas metodologias são apresentadas a seguir:

- i) Modelo Linear: Para esse caso, consideram-

CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA EM BALANÇO

se pequenas variações no ângulo α e a aproximação linear da relação entre o ângulo da barra e o ângulo da engrenagem por $\alpha \approx (d/L)\theta$. Obtém-se a seguinte função de transferência:

$$P(s) = \frac{R(s)}{\Theta(s)} = - \frac{mdg}{L(I+m)s^2 + \frac{R^2}{L}}$$

ii) Modelo Fuzzy T-S: Para esse caso, considera-se a definição do vetor de estados $x = [r \quad \dot{r}]'$, podendo-se reescrever (1) como:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} x - \left(\frac{mdg}{L(I+m)} \right) \begin{bmatrix} \sin \alpha \end{bmatrix}$$

Na qual utiliza-se a relação não linear $\alpha = (d/L)\theta$. Define-se, com base nas dimensões físicas do sistema, que $-\pi/3 \leq \theta \leq \pi/3$. Portanto, nota-se que a não linearidade $\sin\theta$, pertence ao setor limitado $\sin\theta \in [b_2 \ b_1]$ (KHALIL, 2003), com $b_2 = 3\sqrt{3}/2\pi$ e $b_1 = 1$, como pode ser visto na Figura 3.

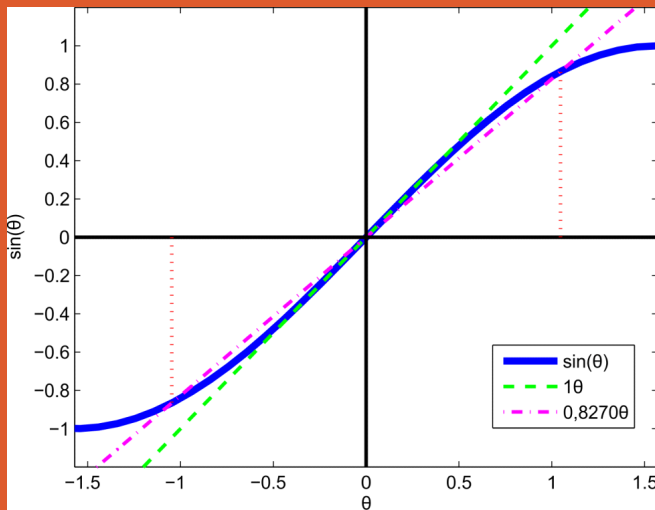


Figura 3: Setor para a não linearidade $\sin\theta$

Dessa forma, pela metodologia abordada em Tanaka e Wang (2001), pode-se substituir a não linearidade $\sin\theta$ por

$$\sin\theta = \sum_{i=1}^2 m_i b_i \theta \rightarrow M_1 = \frac{\sin\theta - b_2\theta}{\theta(b_1 - b_2)} \quad \text{e} \quad M_2 = \frac{b_1\theta - \sin\theta}{\theta(b_1 - b_2)} \quad \text{para } \theta \neq 0$$

$$M_1 = 1 \quad \text{e} \quad M_2 = 0 \quad \text{para } \theta = 0$$

Resultando, da propriedade $\sum_{i=1}^2 M_i = 1$ e do fato que α sofre apenas pequenas variações ($\sin\alpha \approx \alpha$), no seguinte sistema equivalente:

$$\dot{x} = \sum_{i=1}^2 M_i \{ \check{A}_i x + \check{B}_i \theta \}$$

$$\text{com } \check{A}_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \check{B}_i = - \left(\frac{mdg}{L(I+m)s^2} \right) \begin{bmatrix} 0 \\ b_i \end{bmatrix}$$

Discretizando cada submodelo em (5) com as relações abaixo descritas (LI et al., 2013)

$$A_i = e^{A_i T_s}, \quad \check{B}_i = \int_0^{T_s} e^{A_i \tau} \check{B}_i d\tau$$

sendo o tempo de amostragem $T_s = 0,1s$, e os parâmetros reais dados por $m = 2,74(10^{-3})kg$, $R = 20(10^{-3})m$, $g = 9,81m/s^2$, $I = 730,67(10^{-9})kgm^2$, $d = 0,13m$ e $L = 0,6m$, obtém-se o modelo fuzzy T-S que representa o sistema não linear (1), descrito como:

$$x(k+1) = A(h)x(k) + B(h)u(k)$$

com $[A(h) \ B(h)] = \sum_{i=1}^2 h_i [A_i \ B_i]$, $h = h(x(k)) = [M_1 x(k) \ M_2(x(k))]$, e as seguintes matrizes

$$A_1 = A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0,1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad B_1 = \begin{bmatrix} -0,0053 \\ -0,1275 \end{bmatrix}, \quad B_2 = \begin{bmatrix} -0,0053 \\ -0,1055 \end{bmatrix}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a estabilização do sistema (6), considera-se a lei de controle discreta $u(k) = K(h)x(k)$ constituída pela realimentação dos estados dependente da função de pertinência h e com a estrutura matricial $K(h) = \sum_{i=1}^2 h_i K_i$

A seguinte proposição pode ser estabelecida.

Proposição 1: Dado $\lambda \in (0,1]$, considere que existem as matrizes simétricas definidas positivas $Q_i \in R^{n \times n}$, e as matrizes $U \in R^{n \times n}$ e $Y \in R^{m \times n}$, satisfazendo as seguintes condições LMIs:

$$\begin{bmatrix} -Q_j & A_i U + B_i Y_i \\ * & \lambda(Q_i - U' - U) \end{bmatrix} < 0$$

$$\begin{bmatrix} -2Q_j & (A_i + A_q)U + B_i Y_q + B_q Y_i \\ * & \lambda(Q_i - Q_q - 2U' - 2U) \end{bmatrix} < 0$$

Então, as matrizes do controlador (8) obtidas por $K_i = Y_i U^{-1}$ são tais que a origem do sistema em malha fechada é assintoticamente estável com coeficiente de contratividade λ .

Prova: O procedimento utilizado para obtenção das condições de estabilização (9) e (10) pode ser verificado a partir do trabalho Klug e Castelan (2011), e portanto não será aqui apresentado.

3.1 Exemplo

Para o exemplo de simulação utilizam-se os ganhos do controlador obtidos da aplicação das condições da Proposição 1 ao sistema descrito pelas equações (6) e (7). Primeiramente efetua-se uma substituição de variáveis para mudar a origem do posicionamento para o centro da barra. Diferentes valores para o fator de contratividade λ são utilizados, obtendo-se os seguintes ganhos do controlador (8)

$$K_1 = [11,5781 \quad 8,3827], K_2 = [14,2650 \quad 10,1278] \rightarrow \lambda = 0,8$$

$$K_1 = [6,57490 \quad 8,1297], K_2 = [8,01090 \quad 9,81040] \rightarrow \lambda = 0,9$$

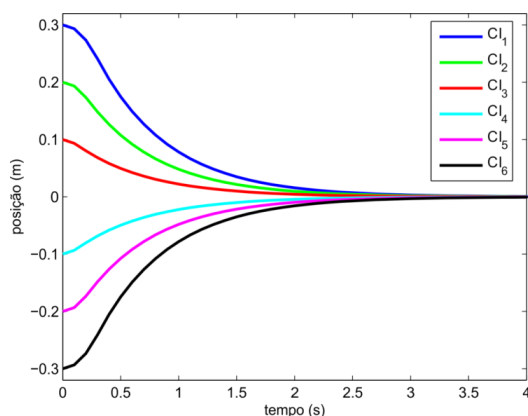
Na Figura 4 observa-se a evolução temporal da posição da bola sobre a barra $x_f = r$ para diversas condições iniciais do tipo $Cl_i = x_{0i} = [x_{0i} \quad 0]$, com $x_{0i} = [0,3 \quad 0,2 \quad 0,1 \quad -0,1 \quad -0,2 \quad -0,3]$. Nota-se que a escolha de um menor fator de contratividade λ implica em uma convergência mais rápida das trajetórias para a origem (ou valor desejado).

Observação: Todos os resultados foram obtidos utilizando-se do software Matlab com a interface para solução de problemas de programação convexa Yalmip, e os solvers SEDUMI e SDPT3.

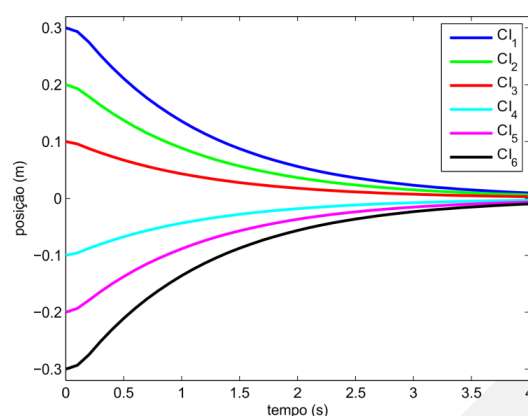
3.2 Aplicação ao Sistema Real

Em virtude de testes práticos realizados optou-se por controlar a plataforma Ball and Beam utilizando-se um software gerado em computador. Este software foi criado em ambiente Matlab através do pacote Guide, e o mesmo possui comunicação com uma placa microcontrolada do tipo Arduino UNO. Esta placa é responsável por fazer a leitura da posição da bola advinda do sensor (através de uma entrada analógica) e aplicar o esforço de controle ao servomotor (utilizando-se PPM). Esta escolha deve-se principalmente a finalidade didática a qual a planta foi concebida, ao passo que uma vez que os dados são transportados até o computador é possível fazer a supervisão de todo o processo, observando gráficos, alterando parâmetros, entre outras características. Deve-se enfatizar que em ambiente industrial seria mais adequado a escolha de um controlador embarcado.

Como primeiro passo foi criado um programa para calibração do sensor (Figura 5), visto que o mesmo apresenta uma curva não linear de resposta, que em algumas situações possui pequenas variações dependendo da luminosidade do ambiente e coloração da bola.



(a) para $\lambda = 0,8$



(b) para $\lambda = 0,9$

Figura 4 - Trajetórias para diversas condições iniciais.

CONSTRUÇÃO E CONTROLE DE UMA PLATAFORMA

Neste programa é necessário que o usuário insira manualmente a bola em seis posições diferentes, orientadas pelos parafusos presentes na estrutura, e que pressione o botão de calibração. Através das leituras obtidas gera-se uma curva da resposta do sensor por interpolação, que será utilizada posteriormente no software responsável pelo controle da estrutura.

Dada a calibração do sensor pode-se acessar o segundo programa, responsável por gerar a lei de controle que será aplicada a plataforma (Figura 6). O usuário é responsável pela inserção da referência desejada (posição da bola requerida) e dos parâmetros do controlador, na qual inicialmente implementa-se um PID (proporcional-integral-derivativo).

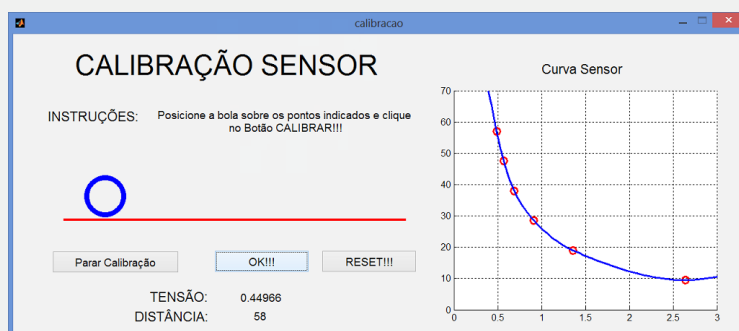


Figura 5 - Programa de Calibração do Sensor

Dada a inicialização, o software apresenta em tempo real as curvas de saída/referência, erro e a ação de controle aplicada, assim como uma figura que se movimenta de acordo com o posicionamento da bola e ângulo da barra, representando o sistema real.

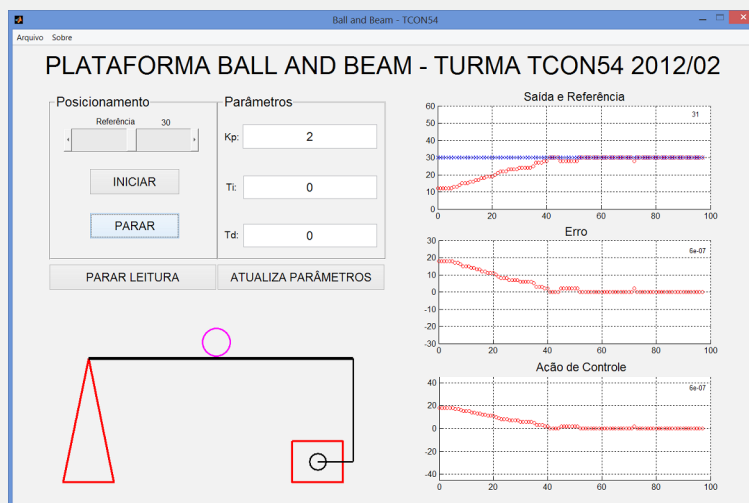


Figura 6 - Programa de Controle

O sistema real finalizado pode ser observado na Figura 7. Como futuras melhorias será tratado a mudança da lei de controle para a abordagem não linear da Proposição 1, além da possível alteração de sensoriamento (sensores ultrassônicos, resistivos, magnéticos, entre outros), visando a obtenção de leituras mais rápidas e precisas.

4. CONCLUSÕES

Neste artigo foram apresentados a construção de uma plataforma experimental para o ensino de controle do tipo *Ball and Beam*, e o desenvolvimento de uma estratégia de controle não linear com utilização de modelos fuzzy de Takagi-Sugeno. Os alunos da unidade curricular de Teoria de Controle do IFSC/Joinville podem agora usufruir de uma planta real para testes dos controladores estudados em teoria.

Este sistema, em conjunto com os que virão a ser projetados, poderá ser utilizado para compor um laboratório de controle (atualmente inexistente), diminuindo os custos na aquisição de sistemas comerciais.



Figura 7 - Programa de Calibração do Sensor

A. PERIÓDICOS:

CHANG, Y. G. ; CHAN, W. S. ; CHANG, C. W. T-S Fuzzy Model-Based Adaptive Dynamic Surface Control for Ball and Beam System. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60, p2251-2263, 2013.

FENG, G. A Survey on Analysis and Design of Model-Based Fuzzy Control Systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 14(5), p.676-697.

GUERRA, T. M.; KERKENI, H.; LAUBER, H.; VERMEIREN, L. An Efficient Lyapunov Function for Discrete T-S Models: Observer Design. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1), p.187-192, 2012.

KLUG, M.; CASTELAN, E. B. Compensadores Dinâmicos para Sistemas Discretos no Tempo com Parâmetros Variantes e Aplicação a um Sistema Fuzzy Takagi-Sugeno. *Revista Controle & Automação*, Vol. 23 (5) p.517-529, 2012.

LI, Z.; PARK, J. B.; JOO, Y. H. Chaotifying Continuous-Time T-S Fuzzy Systems via Discretization. *IEEE Transactions on Circuit and Systems - I: Fundamental Theory and Applications*, 48, p.1237-1243, 2001.

TEIXEIRA, M. C. M.; ZAK, H. Stabilizing Controller Design for Uncertain Nonlinear Systems Using Fuzzy Models. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 7(2), p.133-142, 1999.

WU, L.; SU, X.; SHI, P.; QIU, J. A New Approach to Stability Analysis and Stabilization of Discrete-Time T-S Fuzzy Time-Varying Delay Systems. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, 41(1), p.273-286, 2011.

WU, L.; SU, X.; SHI, P.; QIU, J. A New Approach to Stability Analysis and Stabilization of Discrete-Time T-S Fuzzy Time-Varying Delay Systems. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, 41(1), p.273-286, 2011.

B. LIVROS:

FENG, G. Analysis and Synthesis of Fuzzy Control System: A Model-Based Approach. CRC Press, 2010.
BOYD, S.; EL GHAOU, L.; FERON, E.; BALAKRISHNAN, V. Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory. USA: Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1994.

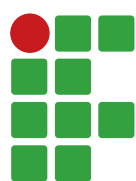
KHALIL, H. K. Nonlinear Systems. Prentice Hall, 2003.
TANAKA, K.; WANG, H.O. Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach. John Wiley & Sons, USA, 2001.

C. TRABALHO EM ANAIS:

KLUG, M.; CASTELAN, E. B. Redução de Regras e Compensação Robusta para sistemas Takagi-Sugeno com Utilização de Modelos Não Lineares. In: X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, São João del-Rei, 2011.

LISBOA, S. N. D. MAITELLI, A. L. ; FERNANDES, R. G. ; NETO, A. D. D. Controladores PID e Neural Aplicados a uma Planta Ball and Beam. In: VII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, São Luis, 2005.

WIENEKE, J. WHITE, W. N. A Feasibility Assessment of Using Ultrasonic Sensor Position Feedback for a Ball and Beam Apparatus. In: American Control Conference, San Francisco, p.687-692, 2011.



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Reitoria: Rua 14 de Julho, nº150, Coqueiros.
CEP: 88075-010 - Florianópolis, Santa Catarina - Brasil.