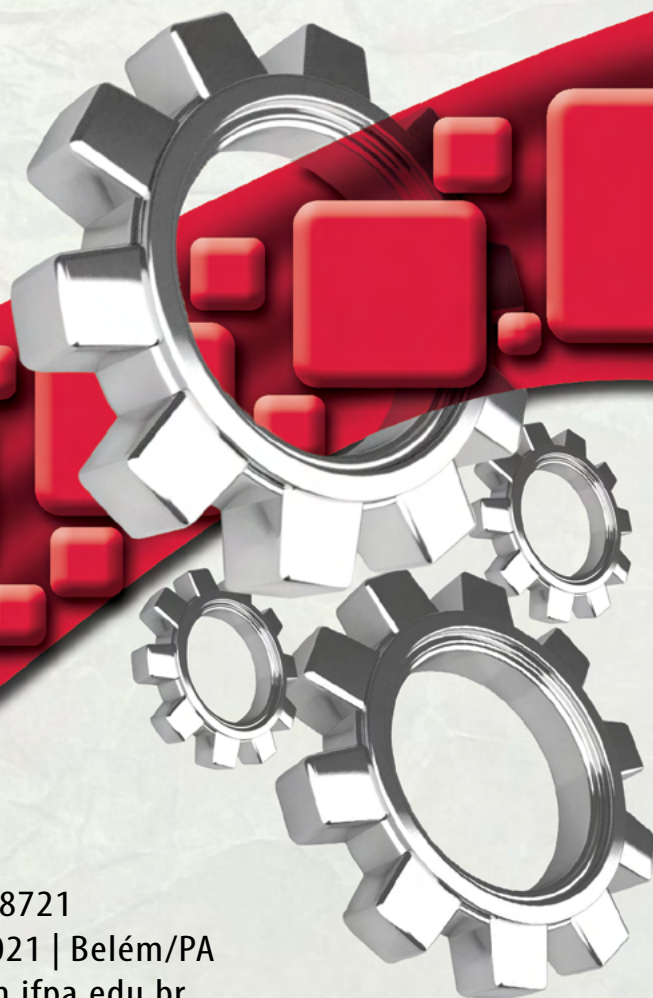




INSTITUTO FEDERAL
Pará

REVISTA DO INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ - CAMPUS BELÉM

Engrenagem



ISSN 2965-8721

Nº 22 | Novembro/2021 | Belém/PA
revistaengrenagem.ifpa.edu.br

Engrenagem

Revista do Instituto Federal do Pará (IFPA)
Campus Belém

Instituto Federal do Pará (IFPA)

REITOR

Claúdio Aléx Jorge da Rocha

Diretor-Geral do Instituto Federal do Pará Campus Belém

Raimundo Otoni Melo Figueiredo

CONSELHO EDITORIAL

Benedito Coutinho Neto - Editor Chefe

Claudio Cezar Cunha de Vasconcelos Chaves

Neila Waldomira do Socorro Sousa Cabral

Roberto Vilhena do Espírito Santo

EXPEDIENTE

Supervisão: Márcia Valéria de Oliveira Cunha

Normalização: Mara Georgete de Campos Raiol

Revisão de Texto: Valcir Oeiras Cardel

Projeto gráfico: Carlos Alberto Alexandre Dantas

Diagramação: Assessoria de comunicação do Instituto Federal do Pará (ASCOM/IFPA) -
Caio Cesar Figueiredo de Sousa

Projeto de capa: Benedito Coutinho Neto, Rubens Pinheiro e Caio Cesar Figueiredo de Sousa
(ASCOM IFPA)

Ilustração da capa: Walder Lobo e Eduardo Rodrigues

Projeto do Site: Assessoria de comunicação do Instituto Federal do Pará (ASCOM/IFPA) -
João Augusto Tavares Rodrigues, Hericley Serejo Santos e Caio Cesar Figueiredo de Sousa

Publicação e adequação on-line: Assessoria de comunicação do Instituto Federal do Pará (ASCOM/IFPA) - João Augusto Tavares Rodrigues, Hericley Serejo Santos e Caio Cesar Figueiredo de Sousa

AUTOR CORPORATIVO

Editora do Instituto Federal do Pará (EdIFPA)

Endereço: Av. João Paulo II, 514

Bairro: Castanheira – CEP 66.645-240 - Belém/PA

E-mail: editora.ifpa@ifpa.edu.br

A Revista Engrenagem é uma publicação **semestral** do Instituto Federal do Pará (IFPA), promovida pelo Campus Belém, editada pela EdIFPA em parceria com a Assessoria de Comunicação Social da Reitoria do IFPA (ASCOM/IFPA), com foco no incentivo a produção científica local e externa, bem como ao favorecimento dos debates e partilhamento de ideias. Possui acesso livre e gratuito, com publicações exclusivamente em **língua portuguesa**.

Engrenagem: Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Belém

Ano XI - Nº 22 Belém/PA

Novembro/2021

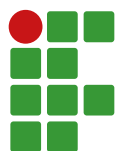
131 páginas.

ISSN 2965-8721

1. Multidisciplinar. 2. Educação. 3. Pesquisa. 4. Periódico. 5. IFPA.

CDD:050





INSTITUTO FEDERAL
Pará

COMITÊ CIENTÍFICO EXTERNO

Adalberto Leandro Faxina – EESC/USP

Adriana Guimarães Costa Saboia – IFCE

Alberto Carlos de Melo Lima – UEPA

Ana Maria Guerra Seráfico Pinheiro – UFAM

André Augusto Azevedo M. Duarte – UFPA

Antônio Sergio Silva de Carvalho – UEPA

Cellina Rodrigues Muniz – UFRN

Fernando Manuel Brandão Alves – FEUP/Portugal

Francisco Ari de Andrade - UFC

Hito Braga de Moraes - UFPA

Lindemberg Lima Fernandes - UFPA

Maisa Sales Gama Tobias - UFPA

Marco Aurélio Arbage Lobo - Unama

Marcos Vinicius Seráfico de A. Carvalho - UFPA

Natascha Wosnick - UFPR

Regina A. C. Sampaio – Site Institute/Brisbane/AU

Rui Antônio Rodrigues Ramos – Uminho/Portugal

Shara Jane Holanda Costa Adad – UFPI

Simone de Fátima Pinheiro Pereira - UFPA

Túlio Augusto Pinho de Vasconcelos Chaves - UFPA

Vânia Marilande Ceccatto - UECE

COMITÊ CIENTÍFICO INTERNO

Alessandro de Castro Corrêa

Carlos Alberto Machado da Rocha

Cezarina Maria Nobre Souza

Claudio Alex Jorge da Rocha

Cleber Silva e Silva

Daniel Palheta Pereira

Elza Monteiro Leão Filha

Fabício Quadro Borges

Jaime Henrique Barbosa da Costa

Laércio Gouvêa Gomes

Márcia Valéria Porto de Oliveira Cunha

Maria Helena Cunha Oliveira

Mary Lucy Mendes Guimarães

Oscar Jesus Choque Fernandez

Otávio Fernandes Lima da Rocha

Raidson Jenner Negreiros de Alencar

Raimundo Nonato das Mercês Machado

Rejane de Barros Araújo

Ronaldo da Cruz Braga

Simonne da Costa Amaral

Syme Regina Souza Queiróz

SUMÁRIO

Editorial

- 7** Fabio Pacheco Estumano da Silva

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará, mandato 2016 - 2020, no período de 2018 a 2020

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará, mandate 2016 - 2020, in the period 2018 to 2020

- 9** Jaqueline Maria Soares da Silva
Helisandra Vitória Menezes Pires
Jéssica Eutrópio Giliberti
Valdinei Mendes da Silva

Estudo comparativo entre controladores PID via síntese de Dahlin e DMC preditivo em um pêndulo amortecido

Comparative study between PID controllers via Dahlin synthesis and predictive DMC in a damped pendulum

- 27** Daniel Abreu Macedo da Silva
Matheus Moraes da Silva
Rejane de Barros Araújo

Formação histórica da educação profissional no Brasil: do surgimento da educação formal à criação dos Institutos Federais

Historical formation of professional education in Brazil: from the emergence of formal education to the creation of Federal Institutes

- 39** Rodrigo Alves Chaves
Aloma Tereza Pinho de Vasconcelos Chaves

Modelo de Gross-Neveu

Gross-Neveu Model

- 55** William Santos Cunha
Leonardo Oliveira do Nascimento
João Paulo da Silva Alves
Charles da Rocha Silva

Experimentos de Física com materiais alternativos aplicados no projeto MUNDIAR

Physics experiments with alternative materials applied to the MUNDIAR Project

Marcos Adriano Barros da Costa
Matheus da Silva e Silva
Clivian Flavia Rodrigues Lobo Alves
Daniel Palheta Pereira

61

Avaliação de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de Física no ensino médio: revisão de literatura

Avaliation of low-cost experiments on Physics learning in high school: literature review

Hardiney dos Santos Martins
Paulo Diógenes de Souza Kanasiro

73

Núcleo de Difusão de Tecnologias: o papel da inovação e empreendedorismo no IFPA Campus Belém

Technology Diffusion Center: the role of innovation and entrepreneurship at IFPA Campus Belém

Ivo José Paes e Silva
Laércio Gouvêa Gomes

95

Caracterização mineralógica, física e química de aterro composto por caroço de açaí em uma área residencial de Barcarena/PA

Mineralogical, physical and chemical characterization of a soil composed of açaí lump and used as a landfill in a residential area of Barcarena/PA

Oscar Jesus Choque Fernandez
Jessyca Lima Ribeiro
Laércio Gouvêa Gomes

111

128

Instruções aos autores

Editorial

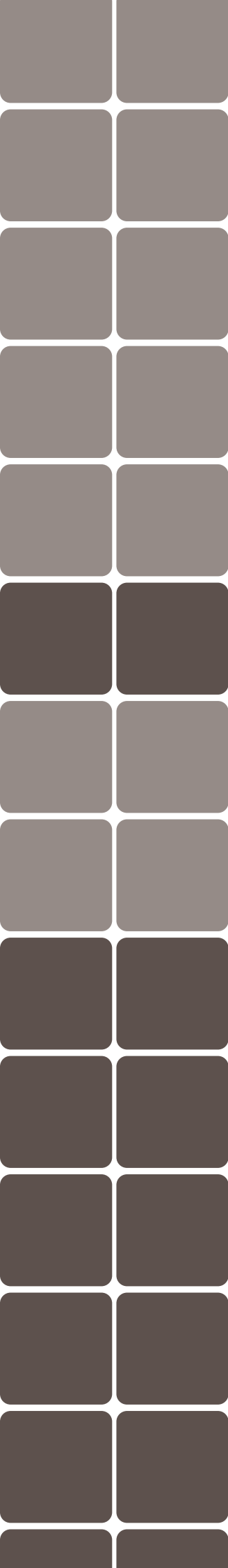
Um problema sério que vivemos hoje é o da grande disseminação de notícias falsas. Se até para cientistas experientes é difícil evitar ser alcançado por notícias falsas ou identificar que se trata de uma, imaginem para as pessoas que não tiveram uma iniciação científica. Por isso, acredito ser de extrema importância que as instituições de educação, ciência, tecnologia e inovação ultrapassem a comunicação e comecem a fazer também a divulgação científica. Parecem a mesma coisa, mas não são.

A revista Engrenagem, por exemplo, cumpre com excelência o seu papel na comunicação científica. Os artigos nela publicados tiveram que passar por uma avaliação rigorosa feita por especialistas e, por isso, tem uma linguagem técnica e pouco acessível para pessoas leigas.

A divulgação científica, por sua vez, ocorrerá com a democratização desse conhecimento, ao fazer as informações técnicas contidas nas comunicações chegarem a toda população através de uma linguagem mais acessível. Percebam que uma não existe sem a outra e ambas são importantes. Fazemos muito bem a comunicação científica, mas por muito tempo não nos preocupamos em fazer a sua divulgação.

Por isso, desafio nossos leitores a fazerem mais do que apenas ler criticamente e assimilar os conhecimentos trazidos por estas comunicações científicas, mas auxiliar a transpô-los para toda a nossa população. Nesta 22ª edição da revista Engrenagem trazemos oito artigos que contribuem em diversas áreas com pesquisas básicas e aplicadas que podem impactar direta e/ou indiretamente em nossas vidas.

No primeiro artigo desta edição, os autores analisam as ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará nos anos de 2018 a 2020 e apontam para alguns entraves que, se corrigidos, podem maximizar a eficiência deste conselho. No artigo *“Estudo comparativo entre controladores PID via síntese de Dahlin e DMC preditivo em um pêndulo amortecido”*, os pesquisadores utilizam uma modelagem matemática para comparar essas duas técnicas de controle. Em seguida, no trabalho intitulado *“Formação Histórica da Educação Profissional no Brasil: Do Surgimento da Educação Formal à Criação dos Institutos Federais”*, é realizado um resgate sobre a história do desenvolvimento das políticas de formação do trabalhador brasileiro e como se deram as relações educação-trabalho desde a criação do ensino profissional no Brasil. Cunha e colaboradores, no quarto artigo desta edição, realizaram uma pesquisa de revisão sobre o *“Modelo de Gross-Neveu”* na cromodinâmica quântica e na física da matéria condensada. No campo da educação, no artigo *“Experimentos de*



Física com materiais alternativos aplicados no projeto MUNDIAR”, os autores relatam que a realização de experimentos de física com materiais alternativos contribuiu fortemente para que os alunos beneficiados pelo projeto “Mundiar” aprendessem os conteúdos das aulas de Física do Telecurso 2000. E na mesma linha de contribuição, no artigo *“Avaliação de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de Física no ensino médio: Revisão de literatura”*, os pesquisadores analisam artigos publicados entre 2009 e 2018 que tratam sobre a utilização de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de física no ensino médio. No campo da inovação, o trabalho *“Núcleo de Difusão de Tecnologias: o papel da inovação e empreendedorismo no IFPA Campus Belém”* apresenta o NDTPI, como ocorreu sua implantação no IFPA e os resultados observados após sua implantação. Neste artigo, os autores afirmam que todos os servidores e discentes que participaram do processo tornaram-se multiplicadores de uma “cultura” de inovação e empreendedorismo. Por fim, alinhado com questões ambientais, pesquisadores do IFPA realizaram um estudo de *“Caracterização mineralógica, física e química de aterro composto por caroço de açaí em uma área residencial de Barcarena/PA”* e relataram que este recurso pode ser viável como material para construção em terrenos residenciais.

Minha esperança é que tenhamos a cada dia mais pessoas divulgando ciência e menos espaço para notícias falsas, que você tenha sido recrutado para auxiliar nessa missão e que nossa sociedade seja cada vez mais consciente do papel da ciência e de suas contribuições. Eu acredito nisso e desejo que muitos passem a acreditar também.

Prof. Dr. Fabio Pacheco Estumano da Silva

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará, mandato 2016 - 2020, no período de 2018 a 2020

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará, mandate 2016 - 2020, in the period 2018 to 2020

Jaqueline Maria Soares da Silva

Professora dos Cursos Técnico em Saneamento e Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Mestra em Engenharia Civil pela UFPA. **Endereço:** Tv. Éneas Pinheiro nº 2423 Belém/PA. CEP: 66095015. **E-mail:** jaqueline.silva@ifpa.edu.br

Helisandra Vitória Menezes Pires

Graduanda do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFPA/*Campus* Belém.

Jéssica Eutrópio Giliberti

Graduanda do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFPA/*Campus* Belém.

Valdinei Mendes da Silva

Professor do Curso Técnico em Saneamento e Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus* Belém. Doutor em Geociências pela UFPA.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi realizar a análise das ações do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (CERH-PA), mandato 2016-2020, durante o período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020. Durante a pesquisa foram acompanhadas oito reuniões do Conselho, sendo quatro de caráter ordinário e quatro extraordinárias. As principais deliberações identificadas durante esse período foram: a criação do primeiro Comitê de Bacia do Rio Marapanim; a criação de Grupo de Trabalho para acompanhar o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO) e a retomada do processo de elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (PERH-PA). Por outro lado, os principais entraves observados foram: a necessidade de maior capacitação para os conselheiros, a rotatividade dos conselheiros no cargo e a dificuldade em se obter quórum nas reuniões. Além disso, foi possível concluir que o CERH- PA, quando comparado aos mandatos anteriores, apresentou crescimento no número de reuniões, avanço em pautas importantes, que há muito tempo estavam estagnadas, entretanto, ainda há muitos desafios a serem superados, sobretudo, em relação a participação e divulgação das informações para a sociedade em geral.

Palavras – chave: Eficiência. Conselheiros. Participação.

ABSTRACT

The aim of this research was to carry out the analysis of the actions of the State Council of Water Resources of the state of Pará (CERH-PA), mandate 2016-2020, during the period from November 2018 to February 2020. During the research, we followed eight meetings of the Council, being four of the ordinary kind and four extraordinary ones. The principal deliberations identified along this period were: the creation of the first Committee of the River Marapanim Basin; the creation of the Work Group to follow the Program of Consolidation of the National Pact for the Water Management (PROGESTÃO) and the resuming of the process of elaboration of the State Plan of Water Resources of the state of Pará (PERH-PA). Conversely, the main constraints observed were the need of a broader capacitation for the counselors, the turnover of the counselors in charge, the difficulty in obtaining quorum in the meetings, among others. Besides that, we have noticed that the CERH- PA, when compared to previous mandates, had a growth in the number of meetings, advances in major issues, which had been stuck for a long time, however, there are still many challenges to overcome, mainly, those related to the participation and divulgation of information to the general society.

Keywords: Efficiency. Representatives. Participation.

INTRODUÇÃO

A partir da década de 90, houve a criação dos Conselhos Gestores, os quais são caracterizados como órgão colegiado que possui participação do governo e da sociedade civil com objetivo de discutir a aplicação de políticas públicas sobre determinada esfera, a qual o mesmo abrange, podendo ser sobre saúde, educação, meio ambiente e recursos hídricos. Os Conselhos Gestores são de vital importância para assegurar a democracia, pois são o elo que há entre o Estado e sociedade onde permite o diálogo entre eles, para que se possa discutir as melhores formas de aplicação das políticas públicas de uma forma que garanta a necessidade de um bem comum (SILVA, 2016; GOMES, 2015).

Em relação aos Conselhos de Recursos Hídricos (que são denominados como Conselhos Gestores) passam a entrar em vigor a partir da criação da Lei Federal nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, do qual o Conselho Nacional de Recursos Hídricos é parte integrante (BRASIL, 1997).

Segundo Rocha (2016) esta lei permitiu a inserção da ideia de descentralização e participação social, pois permite que haja a discussão com participação dos órgãos gestores estaduais, bem como estabelece a criação de colegiados (Conselhos e Comitês de Bacias Hidrográficas) que discutem juntamente com a sociedade civil os direcionamentos da gestão de recursos hídricos, tanto em esfera estadual como federal (ROCHA, 2016, p.22).

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) possui atuação análoga ao Conselho Nacional. No estado do Pará, o suporte para a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos se dá a partir da criação da Lei Estadual nº 6.381/2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O CERH-PA foi criado no ano de 2007 e atualmente encontra-se em seu terceiro mandato, tendo mudado sua estrutura de funcionamento durante esses mandatos, sendo composto por 29 membros que se dividem entre representantes do poder público, usuários de recursos hídricos e sociedade civil legalmente constituída.

Como já foi exposto, é indiscutível a importância da criação dos conselhos gestores na gestão de recursos hídricos; essa necessidade é imprescindível, pois a água é um bem comum e é direito de todos e necessária a toda a sociedade, com isso é primordial o gerenciamento deste recurso a partir da discussão entre todos os atores envolvidos com os recursos hídricos. Após a criação, passado o processo de eleição, há a necessidade de avaliação. No entanto, para se avaliar a efetividade de um conselho, deve ser considerada uma série de parâmetros que vão além da avaliação composição e da frequência dos membros.

Gohn (2006) explica que algumas questões devem ser analisadas para se avaliar a efetividade dos conselhos, sendo elas: a representatividade qualitativa dos diferentes segmentos sociais que compõe o conselho, a

necessidade de se haver uma paridade entre os membros da sociedade civil e os do governo; o problema da capacitação dos conselheiros, principalmente, advindo da sociedade civil; a disponibilidade de informações sobre a ação dos conselhos; a fiscalização e controle dos atos dos conselheiros e, entre outras, dificuldades relatadas (GOHN, 2006, p. 9).

O presente trabalho é de grande relevância pois tem por objetivo acompanhar e analisar a atuação do CERH-PA, mandato 2016 - 2020, durante o período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020, período que complementa a análise realizada por Pereira e Miranda (2018), para conhecer as principais deliberações discutidas em plenária, bem como identificar as dificuldades para o efetivo exercício e descrever os avanços obtidos nesse período.

REFERENCIAL TEÓRICO

BREVE HISTÓRICO SOBRE O PRIMEIRO E SEGUNDO MANDATO DO CERH-PA

No ano de 2004, ocorreu a semana intitulada “Navegando nas Águas Paraenses” que lançava o marco inicial na implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos do Pará, este evento foi realizado pela antiga Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM e tinha como objetivo discutir sobre os principais problemas presentes para se estabelecer uma gestão das águas no estado, juntamente com a presença do poder público, usuários e sociedade

civil. Dentre os resultados obtidos neste período, destaca-se a elaboração da minuta de Decreto que regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Pará (PARÁ, 2012).

Entretanto, somente em 2006, o decreto nº 2.070/2006 que regulamenta o CERH-PA é assinado e, posteriormente, em 2007, o decreto nº 746 que estabelece o Regimento Interno do Conselho é assinado viabilizando assim o início das atividades do CERH-PA (SILVA, 2016). É importante ressaltar que, a partir do decreto nº 1.556/2016 o Conselho inicia o seu terceiro mandato, passando a atuar sob um novo regimento interno regulamentado, a partir da Resolução nº 17 de 2018 (PARÁ, 2018a).

O primeiro mandato do CERH-PA se deu a partir do ano de 2007, estendendo-se até o ano de 2011, ao todo foram 15 reuniões de caráter ordinário e quatro reuniões extraordinárias. Segundo Silva (2018), este mandato pode ser considerado bastante ativo, tendo em vista que, muitas ações foram concretizadas no mesmo, como elaboração de 14 resoluções, normas e moções. Essas atividades tiveram por objetivo a estruturação do Conselho como a criação das Câmaras Técnicas e também o fortalecimento da Gestão dos Recursos Hídricos baseando-se na implantação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (Resoluções nº 003, 005, 007 entre outras).

No primeiro mandato, o Conselho era composto por 23 representantes (baseando-se no decreto que

regulamentava o mesmo), sendo 10 representantes do Poder Público (três do Poder Público Municipal e sete do Poder Público Estadual), do setor dos usuários seis representantes, sendo que havia sido disponibilizadas oito vagas, mas duas não foram preenchidas (os setores de “lazer e turismo” e o de “pesca e aquicultura”) e, por fim, o setor da sociedade civil que possuía cinco representantes (SILVA, 2016).

Para o segundo mandato, (2012-2014) foi revogado o Decreto nº 2.070/2006 pelo Decreto nº 276/2011, que trouxe o processo de reestruturação do CERH, em que foram ofertadas 26 vagas, distribuídas entre 10 de representação do poder público, oito vagas para os usuários da água e oito vagas para organizações legalmente constituídas da sociedade civil. Destaca-se que apesar do lançamento de edital para convocação de novos conselheiros, não houve habilitação suficiente para os setores da sociedade civil e usuário faltando três e duas vagas respectivamente, logo para resolver a situação foi decidido que os conselheiros deveriam indicar as instituições, por meio de ficha de indicação, para ocupar os cargos (SILVA, 2016; SILVA, 2018).

Ainda sobre o segundo mandato, o mesmo compreendeu nove reuniões ordinárias e uma única reunião extraordinária, dentre os assuntos discutidos em plenária, além da questão do processo de habilitação, foi apresentada a adesão do estado ao Programa de Consolidação do Pacto Nacional Pela Gestão das Águas, que

permite o repasse financeiro de verbas para serem investidas na gestão de recursos hídricos, por meio do cumprimento de metas que viabilizem uma gestão efetiva.

Silva (2018) ao avaliar o segundo mandato do CERH observou que seus resultados no que diz a respeito às aprovações de resoluções e mediação de conflitos sobre os recursos hídricos foi incipiente, tendo em vista que, a maior parte dos esforços se concentraram em encaminhar o processo de habilitação e o regimento interno, pois a Plenária não estava completa pois restavam ser preenchidas duas vagas no segmento das Sociedade Cível Legalmente Constituídas e três vagas no segmento dos usuários. Em contrapartida, essas discussões foram importantes para que futuros processos de habilitação de novos conselheiros ocorram de forma a garantir a representatividade dos diversos setores da sociedade (SILVA, 2018, p.45).

Para o terceiro mandato (mandato atual) foi necessário realizar novamente o processo de habilitação dos novos conselheiros, sendo regulamentado pelo Decreto nº 1.556/2016.

Segundo Silva et al. (2020a), o processo de habilitação para o mandato de 2016 - 2020 se deu pela publicação do Edital de nº 33157/2016 onde foram disponibilizadas 29 vagas, sendo que esse processo ocorreu de forma satisfatória, pois todas as vagas foram preenchidas, assegurando a participação de todos os atores envolvidos na gestão.

O terceiro mandato iniciou no mês de outubro de 2016, tendo vigência até outubro de 2020. Vale ressaltar que, em razão do resultado final dos candidatos habilitados a conselheiros ter sido homologado em outubro 2016,

não houve tempo hábil para a realização das reuniões e, conseqüentemente, deliberações neste ano.

Durante o período de setembro de 2016 à março de 2018, por meio da análise realizada por Pereira e Miranda (2018) foi possível observar que o processo de habilitação do CERH para o terceiro mandato foi satisfatório comparado com os outros mandatos, parte deste sucesso decorre do edital nº 33157/2016 que se apresentava mais esclarecedor, possibilitando o entendimento pelos interessados a concorrer às vagas, além disso, é importante destacar que a vaga disponibilizada à população tradicional e indígena foi preenchida, tendo em vista que, nos outros mandatos havia dificuldade em garantir a representatividade deste segmento.

No que diz respeito à realização das reuniões, foi identificada dificuldade de obtenção de quórum, dado que foram realizadas quatro reuniões do CERH, sendo que somente duas delas tiveram o número de conselheiros, exigido pelo Regimento Interno. Observando que a dificuldade de garantir o quórum mínimo para reunião deve ser superada. Sobre os principais assuntos deliberados durante este período destacam-se: Apresentação do termo de referência para elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos e aprovação do Comitê da Bacia do Rio Marapanim que constitui como um marco na gestão dos Recursos Hídricos no Estado Pará por ser o primeiro Comitê aprovado no estado (SILVA, et al. 2020b).

Na Figura 1 é apresentado

resumo cronológico dos mandatos do CERH-PA.

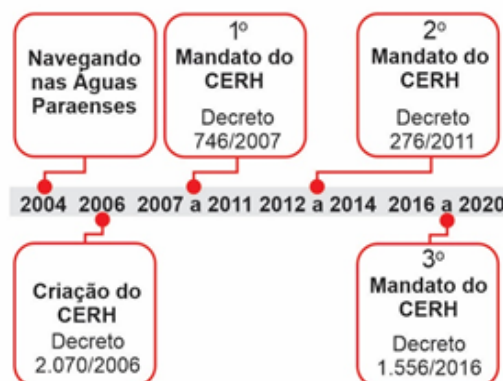


Figura 1. Mandatos do CERH-PA.

METODOLOGIA

A presente pesquisa é de caráter qualitativa, bibliográfica e exploratória tendo sido realizada no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020, e a mesma é parte integrante do Relatório do Programa Institucional de Bolsas de Extensão Universitária/ PIBEX 2018 - 2019, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Belém, com o título: “Desafios da Participação no Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará, mandato 2016 – 2020”.

Para a realização da supracitada pesquisa, o trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa voltada aos estudos e coletas de informações sobre o tema Conselhos Gestores, Conselho de Recursos Hídricos na esfera federal e estadual a partir de pesquisas bibliográficas, em artigos científicos, livros, dissertações e teses. A segunda etapa objetivou o acompanhamento das reuniões

do CERH – PA, durante o período de novembro de 2018 a fevereiro de 2020, com o objetivo de conhecer o funcionamento da plenária e observar as principais ações do Conselho e as discussões mais pertinentes realizadas por este Colegiado, bem como elencar as dificuldades encontradas para se conceber um Conselho atuante na Gestão de Recursos Hídricos.

Para ajudar a sistematizar as informações obtidas em cada reunião utilizou-se do gravador de voz de um smartphone, imagens e anotações realizadas durante o acompanhamento das reuniões para ajudar na transcrição e descrição das reuniões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o tempo de realização desta pesquisa foi possível acompanhar a realização de oito reuniões do CERH - PA, sendo quatro delas de caráter ordinário (XXVIII, XXIX, XXX e XXXI) e quatro reuniões extraordinárias (VII, VIII, IX e X).

A seguir são apresentadas as principais observações referentes as reuniões supracitadas.

A **VII reunião extraordinária** reunião aconteceu no dia 23 de novembro de 2018 no Auditório do Centro Integrado de Monitoramento Ambiental (CIMAM), em sua plenária estavam presentes 18 conselheiros.

O primeiro ponto discutido nesta reunião versou sobre a aprovação da Resolução nº16/2018 que dispõe sobre “As diretrizes para formação e funcionamento de Comitês de Bacias

Hidrográficas no estado do Pará”. A aprovação desta resolução representa grande avanço na Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Pará, tendo em vista que, o andamento da formulação deste documento foi impulsionado pela criação do primeiro Comitê de Bacia do Estado (Comitê de Bacia do Rio Marapanim). Esta resolução orienta o processo de criação de futuros Comitês de Bacia, auxiliando, sobretudo, no avanço para a mediação dos conflitos na Bacia, além de garantir a captação de recursos financeiros para estabelecer a gestão dos recursos hídricos no Pará (PARÁ, 2018b).

Posteriormente, nesta mesma plenária foi realizada a revisão do regimento interno do CERH-PA. Foram levantadas sugestões para aumentar a visibilidade do Conselho perante a sociedade civil, por meio da divulgação das reuniões por transmissão via internet. A importância da divulgação da atuação do Conselho é imprescindível para garantir a participação e conhecimento da sociedade civil sobre as questões discutidas, entretanto é necessário que haja organização correta dessas divulgações, tendo em vista que, até mesmo as divulgações convencionais, como a disponibilização das atas no *site* do CERH, não estão sendo divulgadas no tempo correto. Em comparação, com as reuniões ocorridas no período de 22/02/2017 a 22/03/2018 é possível perceber que todas as atas estão disponíveis para consulta, ao contrário das atas das reuniões ocorridas no período de 23/11/2018 a 19/02/2020.

Também nesta reunião foi ressaltada pelos conselheiros a importância em se disponibilizar informações técnicas para que os mesmos possam se aprofundar e se apropriar dos assuntos que devem ser discutidos pelo Conselho. Diante disso, é perceptível a fragilidade pela qual os conselheiros passam devido à escassez de informações técnicas. Logo, esse fato interfere diretamente na atuação do conselheiro e nos encaminhamentos do Conselho. É extremamente necessário que cada conselheiro se empodere das questões sobre a Gestão de Recursos Hídricos e isso só é possível com a realização de capacitações técnicas regulares para todos os conselheiros, pois o Conselho é composto por uma diversidade de atores sociais, com diferentes formações, e nem todas suficientes para dar subsídio a compreensão de todos os temas discutidos.

A **VIII reunião extraordinária** ocorreu no dia 18 de dezembro de 2018 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 18 conselheiros.

Um dos assuntos bastante discutidos nesta reunião foi referente a aprovação da Resolução nº 18 que dispõe sobre as *diretrizes para criação do Plano Estadual de Capacitação em Recursos Hídricos – PECRH*. A aprovação desta resolução é muito importante para a gestão de recursos hídricos no estado, pois ela vem possibilitar a capacitação dos funcionários e órgãos envolvidos na gestão dos recursos hídricos, facilitando o debate e visibilidade da

questão hídrica no estado Pará (PARÁ, 2018c). Além disso, é importante ressaltar que, a Política Estadual de Recursos Hídricos é uma das únicas políticas estaduais do Brasil, que possui a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental como instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos, demonstrando o dever e a responsabilidade do Estado com a elaboração da referida política.

Também nesta mesma reunião foi dado início a apresentação das etapas de elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), sendo possível observar a extrema importância da explanação, haja vista que é necessário que o CERH esteja sempre acompanhando toda a trajetória da elaboração deste instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos para contribuir no atendimento das necessidades de cada área de atuação dos atores envolvidos com a gestão dos recursos hídricos, possibilitando, assim, uma gestão participativa e descentralizada.

A construção do PERH está sendo realizada por meio do Contrato nº 029/2018 celebrado entre a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS/PA) e a Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE). A elaboração do Plano perpassa por três etapas, sendo elas: Diagnóstico, Prognóstico (construções de cenários) e Programas e Projetos. Sendo que durante as conclusões das etapas serão elaborados sete produtos que consolidam todo trabalho de elaboração

do Plano, bem como, a elaboração do Produto Final (PARÁ, 2018d).

A **XXVIII reunião ordinária** ocorreu no dia 27 de fevereiro de 2019 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 17 conselheiros.

O assunto mais pertinente discutido nesta plenária foi referente a “autoavaliação realizada pela SEMAS das metas alcançadas no Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO I”, é importante explicar que o PROGESTÃO é um programa de incentivo financeiro realizado desde o ano de 2013, pela Agência Nacional das Águas e Saneamento - ANA, em parceria com os Estados, para a aplicação financeira exclusiva no fortalecimento institucional e de gerenciamento de recursos hídricos, trazendo como objetivo a construção de comprometimento entre os entes federados, visando à superação dos desafios que são compartilhados e a promoção do uso múltiplo e sustentável dos recursos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO, 2017).

O estado do Pará aderiu ao PROGESTÃO em 31 de outubro de 2013, por meio do Decreto nº866, definindo sua entidade coordenadora como a SEMAS. O quadro de Metas do PROGESTÃO I foi aprovado pelo CERH – PA, sendo assinado contrato com a ANA, em 19 de agosto de 2014, definindo para a certificação, o período de 2014 a 2018. Com a finalização do Ciclo 1 deste programa foi realizada a autoavaliação pela SEMAS para analisar se as metas definidas foram

alcançadas, sendo tal documento de autoavaliação apresentado ao CERH nesta reunião.

Foi observado que durante a discussão deste tema em plenária vários conselheiros apresentaram dúvidas sobre o funcionamento do programa o que demonstra a fragilidade no que se refere à capacitação técnica ofertada aos conselheiros e a necessidade de mudança no modelo de apresentação das comprovações das ações que influenciam nas metas.

A **IX reunião extraordinária** foi realizada no dia 20 de março de 2019 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 18 conselheiros.

A presente reunião, por ter sido marcada, quase que exclusivamente para a aprovação da autoavaliação das metas do PROGESTÃO I (lembrando que não foi aprovada na reunião anterior devido às diversas dúvidas dos conselheiros sobre o programa), não contou com discussões relevantes, quando comparadas às reuniões anteriores. Tal situação pode ser justificada, em razão do prazo que a SEMAS, deveria atender para encaminhamento da autoavaliação, bem como, da urgência e importância de atendimento das diretrizes que tratam o PROGESTÃO.

É importante ressaltar que após as dúvidas dos conselheiros sobre o PROGESTÃO foi realizada oficina com representantes da ANA juntamente com os conselheiros para apresentação das metas do PROGESTÃO II.

Nessa oficina foi apresentada a proposta de criação de um grupo de

trabalho que teria a responsabilidade de acompanhar as ações realizadas e seus impactos nas metas previamente definidas.

A **XXIX reunião ordinária** ocorreu no dia 26 de junho de 2019 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 21 conselheiros.

Um dos pontos mais relevantes desta reunião foi a apresentação de proposta de Resolução que cria o Grupo de Trabalho (GT) responsável em acompanhar o 2º Ciclo do PROGESTÃO.

Então foi sugerida a participação de cinco conselheiros neste novo GT, entretanto devido à grande demanda de conselheiros desejosos em participar do GT, tal número foi ampliado para oito membros.

A criação deste GT irá permitir a aproximação do Conselho com a SEMAS, o que facilitará a troca de informações sobre o andamento deste Programa, bem como sobre o repasse financeiro para a gestão, além disso, as instituições (conselheiros) que farão parte do GT terão a responsabilidade de trazer as discussões ocorridas sobre o Programa para a plenária do Conselho, ou seja, a criação do GT amenizará a dificuldade do Conselho em se sentir pouco competente para acompanhar o PROGESTÃO, inclusive pela não apresentação das ações comprobatórias que resultam em impactos nas metas.

Após isso, foi levada à plenária uma proposta a ser enviada à Câmara Técnica de Assuntos Legais e Institucionais (CTIL), que diz respeito

ao quórum nas reuniões, em que se pretende fazer a retificação da expressão “maioria absoluta” encontrada no art. 15 do Regimento Interno do CERH, para tentar facilitar a ocorrência de quórum. Esta proposta foi muito criticada pelos conselheiros, pois a retificação da referida expressão sobre o quórum não seria a melhor estratégia para garantir a presença nas reuniões, pois, segundo os Conselheiros, é mais positivo identificar quais são as dificuldades em se fazer presentes e a partir disso fomentar estratégias para aumentar a participação e comprometimento dos conselheiros faltosos, bem como, promover as mudanças, que se fizerem necessárias, no caso dos conselheiros continuarem a não se fazer presentes nas reuniões.

A **XXX reunião ordinária** ocorreu no dia 18 de setembro de 2019 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 16 conselheiros.

O primeiro ponto abordado nesta reunião foi a apresentação do Produto 3, referente à elaboração do PERH realizada pela empresa COBRAPE, responsável pela elaboração do Plano, que é a *“Consolidação dos resultados das Consultas Públicas referentes ao diagnóstico dos Recursos Hídricos no Estado do Pará”*.

Os resultados são oriundos das quatro consultas públicas realizadas em municípios que envolveram representantes de cada Macrorregião Hidrográfica do Pará (MRH) possibilitando assim compreender as percepções das sete MRH's do Pará. A primeira consulta aconteceu no

município de Altamira que representa a MRH do Xingu, a segunda foi realizada em Santarém representando as MRH's Baixo Amazonas, Tapajós e Calha Norte, a terceira ocorreu em Marabá representando a MRH Tocantins – Araguaia e a quarta, em Belém, envolvendo representantes das MRHs Costa Atlântica Nordeste e Portel Marajó (PARÁ, 2019a).

Além disso, em cada evento ocorreram manifestações diretas, mas também foram disponibilizados no evento e no *website* do PERH/PA questionários temáticos para obter contribuições dos participantes que não se sentem à vontade para falar em público. Esta forma de obtenção de resultados é válida, pois possibilita uma maior interação de todos os membros da sociedade, até mesmo daqueles que não puderam comparecer nas consultas públicas e não tiveram a possibilidade de participar, assim possibilitando o exercício do controle social (PARÁ, 2019a).

Em relação a todos os resultados que foram apresentados, um dos pontos de maior destaque é a falta de representatividade do setor dos usuários dos recursos hídricos nas consultas, tendo em vista que um dos problemas de maior relevância é a questão do impacto nos rios pela ação das empresas mineradoras e elétricas e, por essa razão, a presença deste setor é imprescindível para se encontrar soluções que beneficiem todos os atores envolvidos com os recursos hídricos, o que possibilitaria a discussão de diversos problemas,

considerando a percepção do usuário, que há anos impacta a gestão das águas no Estado.

Apesar da incipiente presença do setor dos usuários foi possível observar expressiva participação da sociedade civil que se mostra preocupada com os problemas que a afeta e busca soluções, mesmo existindo dificuldades para sua participação, como o acesso a informações e a dificuldade de locomoção de um município a outro. Essa questão da falta de participação de alguns segmentos da gestão dos recursos hídricos também é refletida no CERH, pois é perceptível a sociedade civil presente nas reuniões, mesmo em menor número, enquanto o setor “poder público”, embora em maior número de conselheiros, apresenta participação aquém do esperado.

Nesta reunião houve grande dificuldade para obtenção de quórum para que pudesse ocorrer a aprovação das Metas do PROGESTÃO II. Com isso, o Secretário Executivo do Conselho apresentou a proposta de fazer aprovação com a quantidade de conselheiros que havia e depois fazer uma aprovação por escrito dos conselheiros que não estavam presentes, em vista da urgência de aprovação destas Metas do PROGESTÃO II. Essa proposta foi amplamente recusada e criticada, pelos Conselheiros, pois “fere” o que preconiza o Regimento Interno do Conselho e retira a responsabilidade do conselheiro em se fazer presente nas reuniões.

Diante disso, foi observado

que a Sociedade Civil estava bem representada, ao contrário dos representantes do Poder Público e dos Usuários que não se faziam presentes adequadamente, o que ocasionava a falta de quórum. Ademais é possível observar uma falha do comprometimento do poder público com a Gestão de Recursos Hídricos e um forte engajamento e preocupação da sociedade civil em se fazer participativa, sendo que tal condição é ratificada também nas próprias consultas públicas da elaboração do PERH ocorridas nos municípios, em meses anteriores.

Após, ampla discussão, críticas e insatisfações chegou-se à conclusão da necessidade de realizar um recesso de alguns minutos para realizar contato com os conselheiros para que os mesmos pudessem comparecer à reunião. Somente após conseguir o número de conselheiros necessários para se alcançar o quórum é que foi possível realizar a aprovação dos itens da pauta.

A **XXXI reunião ordinária** foi realizada no dia 04 de dezembro de 2019 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 19 conselheiros.

O ponto introdutório desta reunião foi a apresentação do Produto 4 da elaboração do PERH - PA, que diz respeito sobre a proposição de prognósticos e cenários. Após a elaboração do Produto 3 que consolidou o diagnóstico do PERH - PA, utilizou-se destas informações como base para avaliação do prognóstico do Estado, a

qual usou um horizonte de cinco, dez e vinte anos para curto, médio e longo prazo. Então os resultados obtidos consistem na elaboração de uma visão do futuro que serão definidas por um conjunto de cenários que irão apresentar várias soluções que visam a compatibilização de demandas e disponibilidade hídricas (PARÁ, 2019b).

É importante ressaltar que no dia 3 de novembro de 2019, foi realizada consulta pública no auditório do IFPA – Campus Belém, que teve como objetivo apresentar os resultados do Produto 4 do PERH para sociedade civil, em geral, com o intuito de coletar informações para consolidar futuramente o Produto 5 - Consolidação dos resultados das Consultas Públicas referentes ao prognóstico e cenários dos recursos hídricos do Estado do Pará.

Sobre esta consulta pública foi possível observar a falta de estratégia e metodologia de apresentação que pudesse engajar com mais eficiência a sociedade civil nos assuntos que estavam sendo discutidos, pois as informações apresentadas possuíam complexidades técnicas de difícil entendimento, além do que a forma de apresentação não era atrativa (letras pequenas, excesso de gráficos que não eram explicados em linguagem mais acessível, entre outros), isso dificulta obter resultados assertivos deste evento pois, claramente, o evento não possibilitou a efetiva participação popular que é o objetivo central da audiência pública, já que as informações foram transmitidas de forma técnica e, assim, distante da compreensão da

maioria dos presentes.

Essas dificuldades e desacertos foram pontuadas na própria consulta pública por alguns participantes presentes e também, posteriormente, ratificadas na XXXI Reunião Ordinária do CERH pelos conselheiros que apresentaram suas insatisfações diante dessa metodologia de apresentação escolhida pela Empresa.

O Secretário Executivo do Conselho também informou que essa preocupação já tinha sido observada e discutida pela equipe da SEMAS que acompanha estes eventos que ocorrem para a elaboração do PERH. Com isso percebe-se que há uma preocupação tanto pela SEMAS e pelos conselheiros em acompanhar todo o processo de elaboração do PERH e fazer contribuições que sejam pertinentes para melhoria desse processo e reconduzir sempre que possível o olhar da Empresa, considerando a facilitação das informações aos interessados.

Além disso, também foi questionado pelos conselheiros se a empresa responsável pela elaboração do PERH possui alguma metodologia de avaliação da efetiva participação dos atores sociais envolvidos com recursos hídricos nessas audiências públicas. A Empresa informou que é realizada apenas avaliação quantitativa da frequência dos diferentes segmentos envolvidos. Após os questionamentos, a empresa COBRAPE aceitou as contribuições e informou que contrataria uma empresa especializada em ações de cunho social das consultas para a próxima rodada das mesmas.

Diante disso é perceptível que apenas uma avaliação quantitativa não possibilita trazer resultados que refletem de forma real o envolvimento e participação da sociedade na construção do Plano. Tendo em vista que, é possível mobilizar grande número de pessoas presentes em uma consulta pública, mas isso não significa que houve grande contribuição das mesmas nesse processo. Portanto, é necessário unir a necessidade de ter uma grande mobilização para obter grande número de pessoas, porém, há de se buscar estratégias para que estas pessoas possam entender as discussões e sentir-se representadas e capacitadas para contribuírem de forma ativa no processo.

A **X reunião extraordinária** foi realizada no dia 19 de fevereiro de 2020 no Auditório do CIMAM, em sua plenária estavam presentes 19 conselheiros.

O primeiro ponto a ser discutido nesta reunião foi a apresentação do Produto 5 da elaboração do PERH, este documento é relacionado a consolidação dos resultados das Consultas Públicas referente ao prognóstico e cenários de recursos hídricos no estado do Pará. Igualmente como foi realizado na primeira rodada de consultas públicas, também ocorreram quatro consultas nas cidades – pólos (Santarém, Altamira, Belém e Marabá) representantes das Macrorregiões Hidrográficas do Estado.

Durante a realização das consultas públicas todos os questionamentos da população foram respondidos pelos representantes da

COBRAPE, de acordo com informações contidas no Produto 5 disponibilizado no site do PERH-PA. É importante ressaltar que, assim como na primeira rodada de consultas públicas, a participação dos usuários de recursos hídricos ainda foi nula, sendo a sociedade civil o segmento mais representado nestes eventos, entretanto, o número de participantes total nas consultas públicas é muito baixo comparado com a dimensão de MRH's. Tal situação pode ser resultado de uma ineficiência na disseminação e/ou socialização de informações sobre a elaboração e importância do PERH para a sociedade.

Diante das discussões sobre o Produto 5 do PERH foi observado ser evidente que, o Conselho além de acompanhar a elaboração está se mostrando atuante, apontando dificuldades que devem ser melhoradas, bem como, a SEMAS, por meio da criação do GT, responsável pelo acompanhamento da elaboração do PERH está sensível às contribuições do CERH e exigindo da COBRAPE ações que possam efetivamente traduzir os anseios da sociedade e talvez, algo mais importante ainda, é a divulgação, socialização de informações referentes a importância da gestão dos recursos hídricos e como é valiosa a participação dos usuários dos recursos hídricos nas discussões.

O segundo ponto discutido nesta reunião foi sobre o Plano Estadual de Capacitação em Recursos Hídricos - PECRH, em que a elaboração deste instrumento é considerada como meta obrigatória para o repasse financeiro

de verbas e investimentos em recursos hídricos estabelecidos pelo PROGESTÃO II, além disso a criação deste plano fortalece os Sistemas Estaduais de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SEGRH) e também reforça outro instrumento presente na Política Estadual de Recursos Hídricos que é Capacitação, Desenvolvimento Tecnológico e Educação Ambiental.

O PECRH deve prevê a oferta de cursos à distância e presencial que abrangem os diversos temas que envolvem recursos hídricos, esses cursos deverão ser fomentados pela ANA e SEMAS.

Os conselheiros sugeriram que o PECRH objetivasse também o nivelamento dos conselheiros, principalmente, quando ocorre a inserção de um novo conselheiro no CERH. Além disso foi salientado pelo conselheiro representante da sociedade civil sua preocupação quanto à acessibilidade e divulgação de informações, pois muitos dos cursos são ofertados na modalidade de Educação a Distância (EAD) e a existência de internet de qualidade não é a realidade em diversas localidades do estado do Pará. No entanto, reitera sua satisfação de que tais informações possam chegar até os participantes do Comitê do Rio Marapanim, o qual ele faz parte, mas a dificuldade quanto ao acesso à internet e diferenças de formação educacional pode se mostrar como um dos empecilhos para participação dos mesmos nos cursos.

A aprovação deste PECRH é um marco importante da gestão de

recursos hídricos no Pará, pois a própria Política Estadual de Recursos Hídricos tem como instrumento a capacitação e a educação ambiental, então além de fomentar o instrumento da política, também é uma meta obrigatória que vai ser atingida dentro do PROGESTÃO II. Entretanto, é necessário que este PECRH atenda as peculiaridades do Estado, bem como, possibilite maior acessibilidade e disponibilidade de suas informações, considerando a diversidade de realidades do seu público-alvo, para que assim, torne-se efetivo e contribua de fato com a gestão dos recursos hídricos no estado do Pará.

CONCLUSÃO

Durante o período entre novembro de 2018 a fevereiro de 2020 as deliberações mais relevantes discutidas pela plenária do CERH foram: Aprovação de Resolução nº 16/2018 que impulsiona a criação de novos Comitês de Bacia Hidrográfica; Aprovação da Resolução nº 18/2018 que estabelece diretrizes para a elaboração do Plano Estadual de Capacitação em Recursos Hídricos bem como a aprovação do próprio PECRH; Finalização do PROGESTÃO I, a partir da aprovação por meio da autoavaliação das metas alcançadas; Validação das metas do PROGESTÃO II estabelecendo novos desafios a serem alcançados na gestão das águas no estado do Pará, bem como garantindo o repasse financeiro para o investimento em estratégias para assegurar uma gestão efetiva

no estado; Retomada do processo de elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (apresentado até o Produto 5) que se configura como um marco na gestão de recursos hídricos no Pará, tendo em vista que a criação do Plano era um objetivo do CERH desde o seu primeiro mandato (2007 a 2011) e, após 13 anos, este resultado foi alcançado parcialmente.

Sobre a aprovação do Plano Estadual de Capacitação em Recursos Hídricos é possível afirmar ser imprescindível sua implementação para maximizar o nível de informações técnicas sobre recursos hídricos entre os conselheiros e a própria sociedade. Entretanto, há a necessidade em se estabelecer dentro do próprio PECRH mais capacitações voltadas aos conselheiros para que possam conhecer todas as competências do Conselho dentro da Gestão de Recursos Hídricos, e se empoderarem destes conhecimentos para se sentirem mais capacitados para deliberar na plenária do CERH.

Sobre a autoavaliação do PROGESTÃO I e aprovação das Metas do PROGESTÃO II conclui-se que é perceptível que muitos conselheiros possuem dificuldades para deliberar sobre o assunto devido a sua complexidade, entretanto, durante o período da pesquisa, antes da aprovação das Metas do PROGESTÃO II houve uma capacitação realizada pela ANA sobre o programa em questão, com intuito de sanar as dúvidas dos conselheiros. Além disso, é importante ressaltar que a criação do

Grupo de Trabalho que acompanhará este 2º Ciclo do PROGESTÃO poderá aproximar os conselheiros sobre o andamento do Programa, bem como trazer melhor entendimento sobre sua estrutura de funcionamento.

Em relação ao processo de elaboração do PERH, é possível observar algumas lacunas apontadas pelos conselheiros em plenária, como, baixo índice de participação, sobretudo, o setor dos usuários, que em duas rodadas de consultas públicas apresentaram frequência quase nula. Além disso, foi apontado em plenária na XXXI Reunião Ordinária e na X Reunião Extraordinária, que as consultas estão sendo realizadas com metodologias que não são acessíveis ao entendimento de todos os cidadãos, e que a empresa responsável pela elaboração do Plano não possui uma metodologia de avaliação da efetividade da realização de cada consulta.

Ainda sobre as discussões da elaboração do PERH é perceptível que o CERH além de acompanhar a elaboração de todos os produtos está se mostrando atuante nesse processo, pois identifica os problemas e traz para a plenária, juntamente com a SEMAS, exigências a Empresa contratada, para que o Plano possa resultar em ações que consigam efetivamente traduzir os anseios da sociedade na Gestão de Recursos Hídricos.

Sobre os entraves observados que dificultam o exercício do Conselho, são eles: a dificuldade para a obtenção de quórum, que corresponde também com a dificuldade dos membros das

organizações civis, principalmente, dos conselheiros residentes no interior do estado do Pará para se deslocarem até a capital; a rotatividade dos conselheiros, em virtude de que alguns são contratados no serviço público, e a capacitação incipiente sobre os instrumentos da gestão dos recursos hídricos para a maioria dos conselheiros.

Além disso, têm-se a falta de divulgação sobre as ações do Conselho para a sociedade em geral, tendo em vista que, as divulgações convencionais, como a disponibilização das atas no *site* do CERH, não foram divulgadas no tempo devido e nem até o momento de finalização do presente trabalho; a falta excessiva de alguns conselheiros nas reuniões, o que implica a necessidade de substituição, pois, segundo o regimento interno, a ausência imotivada do Conselheiro Titular e de seu respectivo Suplente, por duas reuniões do Plenário consecutivas, ou por três alternadas, no decorrer do mandato, implicará a notificação para a substituição do representante da instituição.

Ainda sobre a frequência foi observado que os conselheiros mais assíduos são os que fazem parte do segmento das “Organizações Civis Legalmente Constituídas”, mesmo possuindo alguns entraves quanto ao deslocamento de alguns representantes até a capital do estado. Quanto a esse aspecto, a Resolução nº 17 de 05 de Dezembro de 2018 do CERH garante diárias como ajuda de custo para categorias específicas.

Diante disso, é possível observar baixo nível de comprometimento do poder público nas reuniões do CERH e um forte engajamento e preocupação da sociedade civil em se fazer participativa.

O fortalecimento do CERH-PA é imprescindível para se garantir uma gestão participativa e democrática, pois o Conselho prevê a cooperação de diferentes setores que estão estritamente ligados a gestão das águas. Dentro da perspectiva do Estado do Pará observa-se que a gestão das águas ainda necessita de grandes avanços que provavelmente serão alcançados a partir da consolidação do seu PERH - PA. O CERH – PA torna-se, então, um órgão de vital importância para o encaminhamento dos avanços da gestão de recursos hídricos por meio da consolidação dos instrumentos definidos na Política Estadual de Recursos Hídricos, assim como na resolução de conflitos que envolvem as bacias hidrográficas presentes no Estado, entretanto, esta última função deve ser designada aos Comitês de Bacias que estão mais próximos da realidade de cada bacia. Para tanto, faz-se necessário o fortalecimento da criação de comitês de bacia no Estado para que cada órgão colegiado mantenha sua função específica prevista no Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Por fim, o CERH-PA, quando comparado aos mandatos anteriores tem demonstrado, a participação em pautas importantes e que por muito tempo permaneceram estagnadas, a exemplo, a elaboração do PERH.

Entretanto, o Conselho também ainda possui alguns entraves que dificultam sua efetivação e que devem ser superados a partir da garantia de capacitação aos conselheiros, o cumprimento das regras aos conselheiros faltosos, a divulgação das ações que demonstrem a importância do conselho para sociedade em geral, o compartilhamento das informações sobre as reuniões de forma frequente, a criação de estratégias que possam permitir que os conselheiros representantes da comunidades tradicionais se façam mais presentes nas reuniões, bem como investigar os motivos pelos quais este setor não se faz presente nas reuniões.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO. O PROGESTÃO no Pará. p 2–6, 2017. Disponível em: http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/mapa/pa/progestao_pa_2015.pdf. Acesso em: 10/10/19.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

GOHN, Maria da Glória. Conselhos Gestores e gestão pública. **Ciências Sociais UNISINOS**. 42 (1): 5-11, jan/abr, 2006.

GOMES, Eduardo Granha Magalhães. Conselhos Gestores de Políticas Públicas: aspectos teóricos sobre o potencial de controle social democrático e eficiente. **Cad. EBAPE.BR**, v. 13, nº 4, Artigo 12, Rio de Janeiro, Out./Dez. 2015.

PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 17**, de 05 de dezembro de 2018. Estabelece o regimento interno do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará. 2018a Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/cerh/legislacao/regimentos/>. Acesso em: 09/08/19.

PARÁ. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 16**, de 23 de novembro de 2018. Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, no âmbito do Estado do Pará. 2018b. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2018/11/28/resolucao-no-16-de-23-de-novembro-de-2018/>. Acesso em: 09/08/19.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 18**, de 27 de dezembro de 2018. Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, no âmbito do Estado do Pará. 2018c. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2018/11/28/resolucao-no-16-de-23-de-novembro-de-2018/>. Acesso em: 09/08/19.

_____. **Lei nº 6381**, 25 de julho de 2001- Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Belém, PA, de 26 de jul. 2001.

_____. Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará/Brasil/Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA. Belém, 2012. Disponível em: https://www.sema.pa.gov.br/download/SISTEMA_DE_GERENCIAMENTO_DE_RECursos_HIDRICOS_PA.pdf. Acesso em: 25/02/20.

_____. Produto 01 - Proposta de bases metodológicas para a construção do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Pará (PERH/PA). COBRAPE. Belém, 2018d. Disponível em: https://d02e565ec3e346c3a9230ca60a0f95df.filesusr.com/ugd/e26d43_dc8f15e30ef64befbd0c17fcae6ffb4d.pdf.

_____. Produto 03 - Consolidação dos resultados das Consultas Públicas referentes ao diagnóstico dos Recursos Hídricos no Estado do Pará. COBRAPE. Belém, 2019a. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1xiHbWgLFIFt86vIm- YEYV7hY69FQgK41/view>.

_____. Produto 04 - Proposição de Prognóstico e Cenário do PERH/PA. COBRAPE. Belém, 2019b. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1r4oKiHW3FcbFZW4HcQNKmXbvHkgYY>

5v0/view.

UFRA. Belém, 2018.

PEREIRA, Fabianne Mesquita; MIRANDA, Kewffany Chrys da Cruz. **Estudo e acompanhamento do processo de habilitação e da atuação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado do Pará, no período de 2016 a 2018.** Trabalho de Conclusão de Cursos em Tecnologia em Saneamento Ambiental. IFPA. Belém, 2018.

ROCHA, Tathiana Rodrigues Leal. **Participação Social na Gestão das Águas: a atuação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado de Rondônia.** Trabalho de Conclusão de Curso. Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos. Instituto Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

SILVA, Alan José Saraiva da. **Reflexões e desafios à gestão participativa das águas no Pará: a experiência do CERH no período de 2007 a 2013.** Dissertação (Mestrado em Serviço Social) – Programa de Pós Graduação em Serviço Social da Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SILVA, Davi Farias da. **Análise da atuação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos no Estado Pará no primeiro (2007-2011) e segundo (2012-2014) mandato.** Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental & Energias Renováveis.

SILVA, Jaqueline Maria Soares da; PEREIRA, Fabianne; MIRANDA, Kewffany Chrys da Cruz; SILVA, Allan. Acompanhamento do processo de habilitação do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará , no período de 2016 a 2020. **Revista Engrenagem**, ano X, nº 19. Belém/PA, Junho, 2020a.

SILVA, Jaqueline Maria Soares da; PEREIRA, Fabianne Mesquita; MIRANDA, Kewffany Chrys da Cruz; SILVA, Valdinei Mendes da. Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará no período de 2017 a 2018. **Revista Engrenagem**, ano X, nº 20. Belém/PA, Novembro, 2020b.

Estudo comparativo entre controladores PID via síntese de Dahlin e DMC preditivo em um pêndulo amortecido

Comparative study between PID controllers via Dahlin synthesis and predictive DMC in a damped pendulum

Daniel Abreu Macedo da Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFPA, *Campus* Belém. Graduado em Engenharia de Controle e Automação pelo IFPA, *Campus* Belém. **Endereço:** Rua Monsenhor Miguel Inácio, 99, CEP 66015-170. **E-mail:** daniel.abreu@itec.ufpa.br

Matheus Moraes da Silva

Aluno do Curso de Engenharia de Controle e Automação pelo IFPA, *Campus* Belém.

Rejane de Barros Araújo

Professora do Curso de Engenharia de Controle e Automação, IFPA, *Campus* Belém. Doutora em Engenharia de Automação e Sistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

RESUMO

O trabalho consiste em um estudo comparativo entre duas técnicas de controle, clássica e avançada, aplicadas em uma planta denominada Pêndulo Amortecido (PAM). A primeira técnica consiste no controle PID via síntese de Dahlin e a segunda técnica é o controle preditivo DMC ("Dynamic Matrix Control"). Para a modelagem matemática da planta em estudo, é utilizada a identificação de sistemas dinâmicos com o uso dos mínimos quadrados recursivos.

Palavras-chave: Pêndulo Amortecido. Controle PID. Controle Preditivo DMC. Mínimos Quadrados Recursivos.

ABSTRACT

The work consists of a comparative study between two control techniques, classic and advanced, applied in a plant called Damped Pendulum. The first technique consists of PID control via Dahlin synthesis and the second technique is DMC predictive control ("Dynamic Matrix Control"). For the mathematical modeling of the plant under study, the identification of dynamic systems is used with the use of recursive least squares.

Keywords: *Damped Pendulum. PID Control. Predictive Control DMC. Recursive Minimum Squares.*

INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia e o estudo de diversas técnicas de controle possibilitam que sistemas de diferentes complexidades, estáveis, de fase não mínima, integradores, pouco amortecido e instáveis em malha aberta, sejam controlados e apresentem as respostas desejadas em malha fechada (AGUIRRE, 2007). Vale ressaltar que essas respostas devem ser factíveis, haja vista que, ao projetar um controlador, o projetista deve conhecer e/ou possuir os dados do sistema a ser controlado (COELHO e COELHO, 2016).

Técnicas de controladores Proporcional, Integral, Derivativo (PID) vêm sendo exploradas ao longo dos anos, são consolidadas na literatura de controle de processo e são amplamente utilizadas tanto na indústria como na academia (COELHO, JERONYMO E ARAÚJO, 2019).

Controladores preditivos baseados em modelo apresentam uma série de características que os tornam adequados e atrativos para aplicação em controle industrial de processos contínuos (indústrias químicas, petroquímicas, automotivas, metalúrgicas, papel, gás, entre outras). O controlador *Dynamic Matrix Control* (DMC), desenvolvido por Cutler e Ramaker em 1980, é um dos primeiros controladores preditivos baseado em modelo disponível comercialmente (KOKATE e WAGHMARE, 2011).

Neste trabalho são apresentados dois controladores projetados para estabilizar a planta Pêndulo Amortecido (PAM), alcançando rastreamento de referência em diferentes pontos de operação. O primeiro utiliza a sintonia de "Dahlin", para ajustar os valores dos ganhos proporcional, integral e derivativo do PID. O segundo utiliza a matriz dinâmica com os horizontes de predição especificados para calcular os ganhos e implementar o DMC, sendo uma técnica de controle preditivo.

Para validar a comparação do sistema, uma modelagem eficaz é necessária. Com esse intuito, a modelagem matemática no domínio do tempo discreto é realizada utilizando-se os mínimos quadrados recursivos (MQR) com o algoritmo de estimação da aproximação estocástica. Esta técnica é interessante para diversos propósitos como supervisão, rastreamento de parâmetros variantes em controle adaptativo, filtragem, predição, entre outros. Logo, para que o sistema consiga ser controlado da forma desejada, é necessário fazer uma formulação adequada dos algoritmos para proporcionar procedimentos e cientes (COELHO e COELHO, 2016; WELLSTEAD e ZARROP, 1991).

PÊNDULO AMORTECIDO

O PAM é uma planta com característica de dinâmica de segunda ordem subamortecida, e

é um exemplo clássico de sistema mecânico aplicado no ensino da teoria de controle, sendo utilizado como ferramenta para aplicações de técnicas de controle que mantenha a posição do pêndulo no ângulo desejado, independente das perturbações causadas no sistema.

O sistema consiste em um pêndulo fixado a uma haste com rolamentos para eliminar perturbações relacionadas aos atritos, que podem ocorrer no instante em que o motor acoplado à uma hélice começa a se mover. Assim, esse motor fixado em uma das extremidades do pêndulo é acionado a partir de um sinal elétrico (sinal de entrada), para gerar torque no eixo do motor e fazer com que as pás das hélices se movam para gerar um ângulo em relação a posição inicial do pêndulo, conforme Figura 1.

Dessa forma, essa estrutura é acoplada a um potenciômetro (sensor de posição) próximo a haste fixa do rolamento, que gera um sinal de tensão (sinal de saída) quando há mudança no ângulo do pêndulo. Então, esse sinal é enviado a um Arduino para indicar a posição em que o pêndulo se encontra. Ademais, por meio do sinal de saída é possível verificar a dinâmica do sistema em malha aberta, que possibilite a aplicação de técnicas de identificação de segunda ordem, por exemplo o MQR, para que um modelo matemático no domínio do tempo discreto seja definido.



Figura 1. Pêndulo Amortecido (PAM).

É importante ressaltar que o aparato da Figura 1 foi desenvolvido no Laboratório de Controle e Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Belém*.

MODELAGEM

A identificação de sistemas é tratada, muitas vezes, como um problema de otimização que envolve algumas medidas para adequação de modelos candidatos a representar um processo real (COELHO e COELHO, 2016).

Esse tipo de modelagem é amplamente utilizado quando há o desconhecimento ou uma alta complexidade na física, que envolve o processo a ser controlado. Segundo Coelho e Coelho (2016), o modelo matemático final é uma forma do conhecimento da relação existente

entre os sinais de entrada e saída, caracterizada no processo físico pela função de transferência. O diagrama de

blocos que exemplifica uma tarefa de identificação pode ser visualizado na Figura 2.

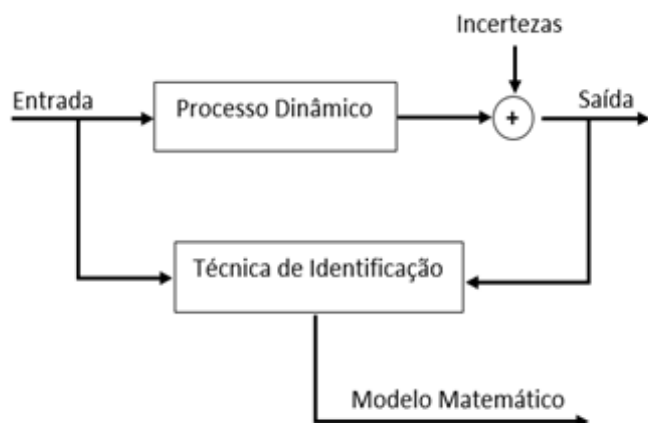


Figura 2. Fluxograma para identificação do processo.

Dentre as técnicas de modelagem paramétricas, os algoritmos MQR são os mais populares para realizar a identificação de sistemas dinâmicos, haja vista que podem ser aplicadas de diversas formas, entre elas está a aproximação estocástica.

Este tipo de identificação calcula novas medidas, a cada período de amostragem, que são utilizadas com o modelo atual para gerar um novo erro de modelagem $e(k)$, no qual mede a qualidade do modelo estimado. Logo, a cada amostra, novas medidas de sinal de controle, $u(k)$, e novas medidas do sinal de saída, $y(k)$, são adquiridas (AGUIRRE, 2007; COELHO e COELHO, 2016).

Vale ressaltar que o procedimento de estimação recursivo possui diversas técnicas para modificar os parâmetros estimados, $\theta(k)$, para $\theta(k+1)$ a cada iteração, pois com isso a modelagem do sistema torna-se mais precisa e, assim, ocorre a correção das estimativas anteriores.

Nos MQR utilizando o algoritmo de estimação da aproximação estocástica, a qual é muito utilizada em processos rápidos ou em processos complexos, a característica principal é o ajuste de um ganho $\gamma(k)$, que é calculado a cada amostra a partir da sequência de ganho com o vetor total de medidas, conforme a equação (1).

$$\gamma(k) = \left[\sum_{k=1}^k |\varphi(k)^2| \right]^{-1} = [r(k)]^{-1} \quad (1)$$

Esse ganho utiliza o vetor $\varphi(k)$, sendo o vetor de medidas composto pelas saídas e pelas entradas.

Com a seleção correta de $\gamma(k)$, pode-se estimar as medidas de $\theta(k)$, conforme a equação (2).

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \gamma(k+1)\varphi(k+1)e(k+1) \quad (2)$$

Sendo que o $e(k+1)$ pode ser calculado pela diferença entre a saída

real do processo e o produto do vetor de medidas com os parâmetros estimados.

Após isso, obtêm-se os valores de $\theta(k)$ e a estimação se torna completa. Os valores finais obtidos são os coeficientes da equação a diferenças que representa o sistema.

Vale ressaltar que pela característica de 2ª ordem do PAM, a equação a diferenças que representa o modelo do sistema controlado possui a forma da equação (3).

$$y(k) = -a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) + b_0 u(k-1) + b_1 u(k-2) \quad (3)$$

Onde os valores de a_1 , a_2 , b_0 e b_1 são os resultados obtidos no vetor $\theta(k)$.

CONTROLE

PID VIA SÍNTESE DE DAHLIN

Sabendo que um sistema de malha fechada geralmente é acrescido de um bloco compensador para obter a resposta e controle sobre uma variável; deve-se projetar um controlador para aprimorar a resposta do sistema a ser controlado (ÄSTRÖM e WINTTENMARK, 1995). De fato, existem diversas implementações de compensadores que variam desde um simples filtro de 1ª ordem, até complexos arranjos com equações de ordem maior. Dentre eles, o controlador PID possui três formas de atuação, cada uma com um efeito diferente ao sistema (OGATA e YANG, 2002;

SEBORG et al.,2011).

A combinação da quantidade de cada uma das ações do controlador PID faz com que o controlador, em conjunto com a planta, forneça uma resposta adequada a uma determinada variação na entrada. Dessa forma, a lei de controle do controlador PID é observada na equação (4).

$$u(t) = K_c e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

Sendo, K_c o ganho proporcional, K_i o ganho integral, K_d o ganho derivativo, $u(t)$ o sinal de controle e $e(t)$ o sinal de erro da malha de controle.

No entanto, para implementação da malha de controle em um sistema real com maior eficiência, deve ser projetado um controlador PID digital. Para o projeto do controlador PID digital, deve-se ter uma correta escolha do período amostragem, T_s , e dos coeficientes K_c , K_d e K_i (AGUIRRE, 2007; COELHO e COELHO, 2016; COELHO, JERONYMO e ARAÚJO, 2019).

Com o objetivo de encontrar valores adequados para os parâmetros do controlador PID, a síntese do PID de Dahlin é adotada. Para isso, deve-se, primeiramente, considerar o diagrama de blocos de um sistema discreto, Figura 3.

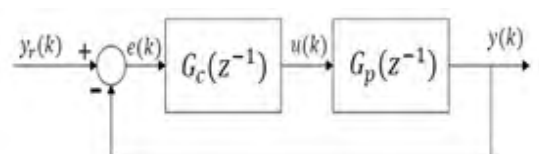


Figura 3. Diagrama de blocos de um processo discreto.

Com base nisso, nota-se que a saída do sistema possui o rastreamento da referência, $y_r(k)$, e possui a forma da equação (5).

$$y(k) = \frac{G_c(z^{-1})G_p(z^{-1})}{1 + G_c(z^{-1})G_p(z^{-1})} y_r(k) \quad (5)$$

Onde, $G_c(z^{-1})$ e $G_p(z^{-1})$ representam as funções de transferência do controlador e da planta, respectivamente.

Nota-se que o controlador depende da especificação da resposta em malha fechada e para assegurar que a realização do controlador seja factível, admite-se que a resposta de malha fechada resultante se comporte como um sistema de 1ª ordem com atraso de transporte, conforme a equação (6).

$$y(k) = \frac{(1 - p_1)Z^{-d-1}}{1 - p_1Z^{-1}} y_r(k) \quad (6)$$

Usualmente, especifica-se o polo de malha fechada como de 2 a 5 vezes mais rápido do que o polo em malha aberta (KNIHS et al., 2010). Admitindo que o polo de malha fechada desejado tenha constante de tempo τ_{mf} , isto é $\tau_{mf}(s + 1)$, então, para um período de amostragem T_s , o polinômio p_1 é calculado pela equação (7).

$$p_1 = e^{\frac{-T_s}{\tau_{mf}}} \quad (7)$$

Como a aplicação no PAM é um processo de 2ª ordem, o controlador digital possui a função de transferência, observada na equação (8).

$$G_c(z) = \frac{\left(\frac{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}{b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}} \right)}{\left(\frac{1 - p_1}{1 - p_1z^{-1} - (1 - p_1)z^{-(d+1)}} \right)^{-1}} \quad (8)$$

Para o projeto do controlador PID de Dahlin, é necessário considerar a função de transferência do controlador PID na forma ideal, equação (9) (ÄSTRÖM e WINTTENMARK, 1995; COELHO, JERONYMO e ARAÚJO, 2019).

Para evitar instabilidade pela presença de fase não mínima da planta e o fenômeno do *ringing* no sinal de controle, aproxima-se o denominador da função de transferência da planta para o somatório dos coeficientes desse denominador.

$$G_c(z) = K_c \left[\frac{\left(\left(1 + \frac{T_s}{T_i} + \frac{T_d}{T_s} \right) - \left(1 + 2\frac{T_d}{T_s} \right) z^{-1} + \frac{T_d}{T_s} z^{-2} \right)}{1 - z^{-1}} \right] \quad (9)$$

Posteriormente, nota-se que relacionando a equação 8 com a equação 9, obtém-se a equação (10).

$$G_c(z) = K_b \left[\frac{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}{1 - a_1z^{-1}} \right] \quad (10)$$

Onde K_b , K_c , T_i e T_d podem ser extraídos dessa igualdade polinomial e são observados nas equações (11), (12), (13) e (14), respectivamente.

$$K_b = K_c \left(1 + \frac{T_s}{T_i} + \frac{T_d}{T_s} \right) \quad (11)$$

$$K_c = K_b(a_1 + 2a_2) \quad (12)$$

$$T_i = \frac{-T_s(a_1 + 2a_2)}{1 + a_1 + 2a_2} \quad (13)$$

$$T_d = \frac{-a_2 T_s}{a_1 + 2a_2} \quad (14)$$

A partir dessas equações, podem-se encontrar os valores para a estrutura do PID. As imposições feitas são conduzidas para não afetar o ganho do controlador e remover os polos indesejáveis da função de transferência. Isto se torna vantajoso na experiência em questão, pois um dos polos possui parte real negativa no plano z , o que causa excessiva variabilidade na saída em malha aberta e produz muitas oscilações.

DYNAMIC MATRIX CONTROL (DMC)

Segundo Camacho e Alba (2013), Jeronymo, Araújo e Coelho (2013), o controle preditivo é um conjunto de métodos de controle que abarca o conceito de predição e obtenção do sinal de controle através da minimização de uma determinada função objetivo e considera o erro futuro e as restrições nas variáveis de processo.

O DMC, o qual é um dos métodos aplicado neste trabalho, tem mostrado muito êxito na indústria de controle de processos. Isso porque essa técnica permite lidar com diferentes casos. Desde sistemas *Single Input, Single Output (SISO)* até sistemas *Multiple Input, Multiple Output (MIMO)*. Também permite a inclusão de ações de realimentação, podem ser incluídas restrições de entrada e saída na formulação da lei de controle e pode

também compensar intrinsecamente os tempos mortos do processo.

Este algoritmo de controle utiliza a resposta ao degrau discreta para modelar a saída do processo (Camacho e Alba, 2013). No entanto, apenas um número de termos (N) é considerado para o processo ser causal e estável. Segundo Coelho, Jeronymo e Araújo (2019), esta técnica é resolvida com a predição da saída da planta e na otimização de um critério sujeito a um conjunto de restrições que considera os erros entre as predições da saída, os sinais de referência e os incrementos nas ações de controle. Portanto, para que o controlador seja projetado com êxito, os parâmetros dos horizontes de saída (N_y), horizontes de controle (N_u) e o fator de ponderação de controle (λ) são escolhidos e testados para obter a estabilização desejada.

O modelo da resposta ao degrau do processo, pode ser caracterizado pela equação (15), onde Δu é o incremento da variável manipulada e g_i são os coeficientes que correspondem aos valores da resposta ao degrau do processo.

$$y(k) = \sum g_i \Delta u(k - i) + n(k) \quad (15)$$

Ademais, o sinal de controle $u(k)$ é obtido minimizando em relação a $u(k + j)$, descrito na função custo da equação (16).

$$J = \sum_{j=1}^{N_y} [\hat{y}(k + j) - y_k(k + j)]^2 + \lambda \sum_{j=0}^{N_u-1} [\Delta u(k + j)]^2 \quad (16)$$

No entanto, como Δu é o vetor do controle futuro a ser calculado em um período de amostragem, deve-se encontrar a matriz dinâmica do sistema (G), que é composta pelas respostas ao degrau, equação (17).

$$G(z^{-1}) = g_1 z^{-1} + g_2 z^{-2} \dots + g_j z^{-j} \quad (17)$$

Com a matriz dinâmica, pode-se encontrar o vetor de ganhos K_g , que é correspondente a primeira linha da matriz $[G^T G + \lambda I]^{-1} G^T$.

O produto entre K_g e o erro entre a referência e a estimativa da resposta livre do sistema garante Δu . Com isso, o sinal de controle pode ser encontrado a partir da equação (18).

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k) \quad (18)$$

Com base nessa lei de controle, a cada período de amostragem o valor de $u(k)$ é calculado e outros valores de Nu são obtidos.

RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente, pode-se analisar a planta do PAM funcionando em malha aberta, conforme a Figura 4.

Com isso, nota-se uma resposta oscilatória no início do processo, com um *overshoot* de, aproximadamente, 40%; além do sistema não seguir a referência em 1,5 V de forma eficaz, haja vista que o sistema estabiliza em 1,47 V e no tempo de 4 segundos.

Baseado nos sinais de saída da planta em malha aberta, o método de identificação dos MQR com o algoritmo da aproximação estocástica é implementado de forma *offline*. Sendo o vetor inicial de estimação θ , todos os termos iguais a 0,1 e, após a execução do algoritmo, em um tempo de 60 segundos, obtém-se os valores estimados dos parâmetros da planta, conforme equação (18).

$$G_p(z^{-1}) = \frac{(0,0238 + 0,0185z^{-1})z^{-1}}{1 - 1,4265z^{-1} + 0,4688z^{-2}}$$

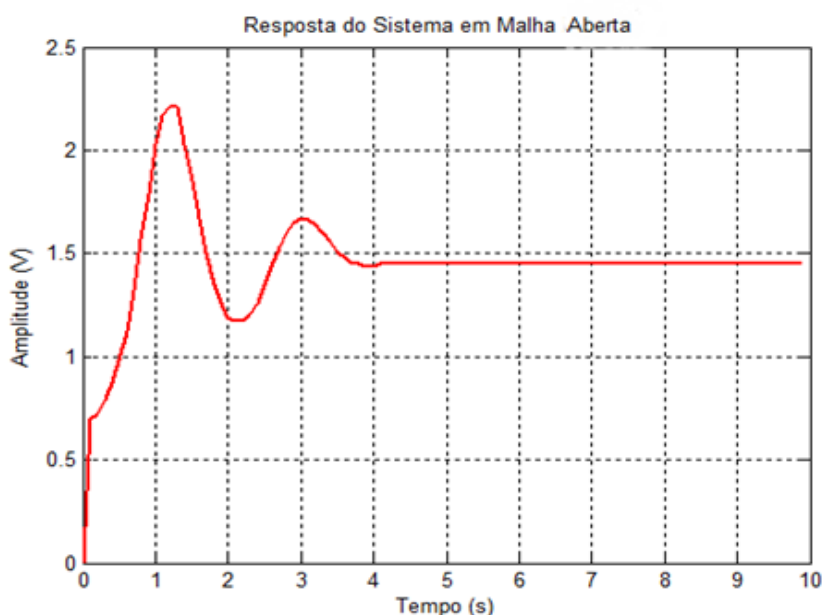


Figura 4. Sinal de saída do PAM em malha aberta.

Adicionalmente, os dois controladores são projetados para controlar e estabilizar a planta, a fim de melhorar a resposta do processo em termos de rastreamento de referência e viabilizar a utilização desta.

Os algoritmos possuem as mesmas condições iniciais, tabela 1, para que a comparação entre os dois métodos de controle seja justa.

Tabela 1. Condições iniciais adotadas.

Número de amostras (nit)	600
Tempo de amostragem (s)	0,1
Primeira referência (V)	2
Segunda referência (V)	2,5
Sinal de controle mínimo (V)	0
Sinal de controle máximo (V)	0

Com base nessas condições iniciais, o controlador PID via síntese

de Dahlin é projetado com um $\tau_{mf} = 4$ segundos. Os sinais de saída e de controle aplicado no processo podem ser observados nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Nota-se na figura 5 que o sistema consegue estabilidade para as duas referências. Para estabilizar, inicialmente, gerou alguns ruídos, porém, alcança a referência de 2 V no tempo de 2,8 segundos. Com a mudança de referência, o sistema conseguiu alcançar de forma mais rápida os 2,5 V no tempo de 5 segundos.

Na figura 6, nota-se o sinal de controle crescente para estabilizar o sistema na primeira referência, este entra em equilíbrio em 3,9 V, aproximadamente no mesmo tempo que o sistema estabiliza o sinal de saída. Após a mudança de referência, o sinal de controle aumenta para estabilizar o sistema novamente.

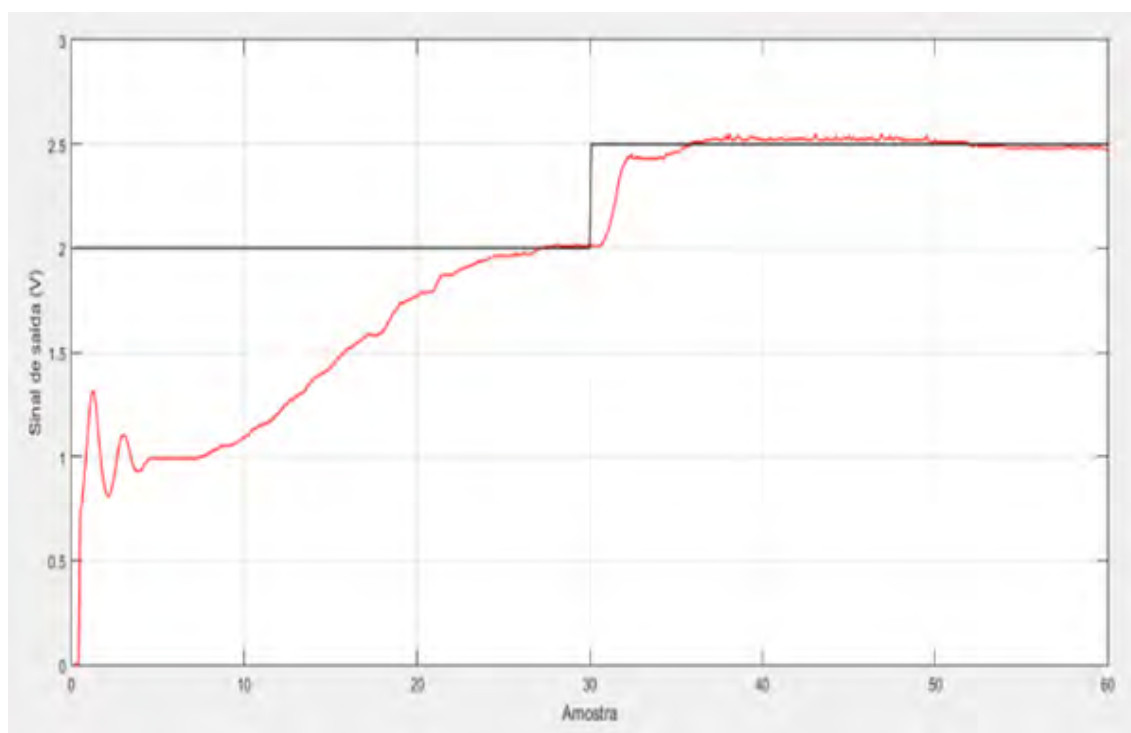


Figura 5. Sinal de saída do processo como controlador PID.

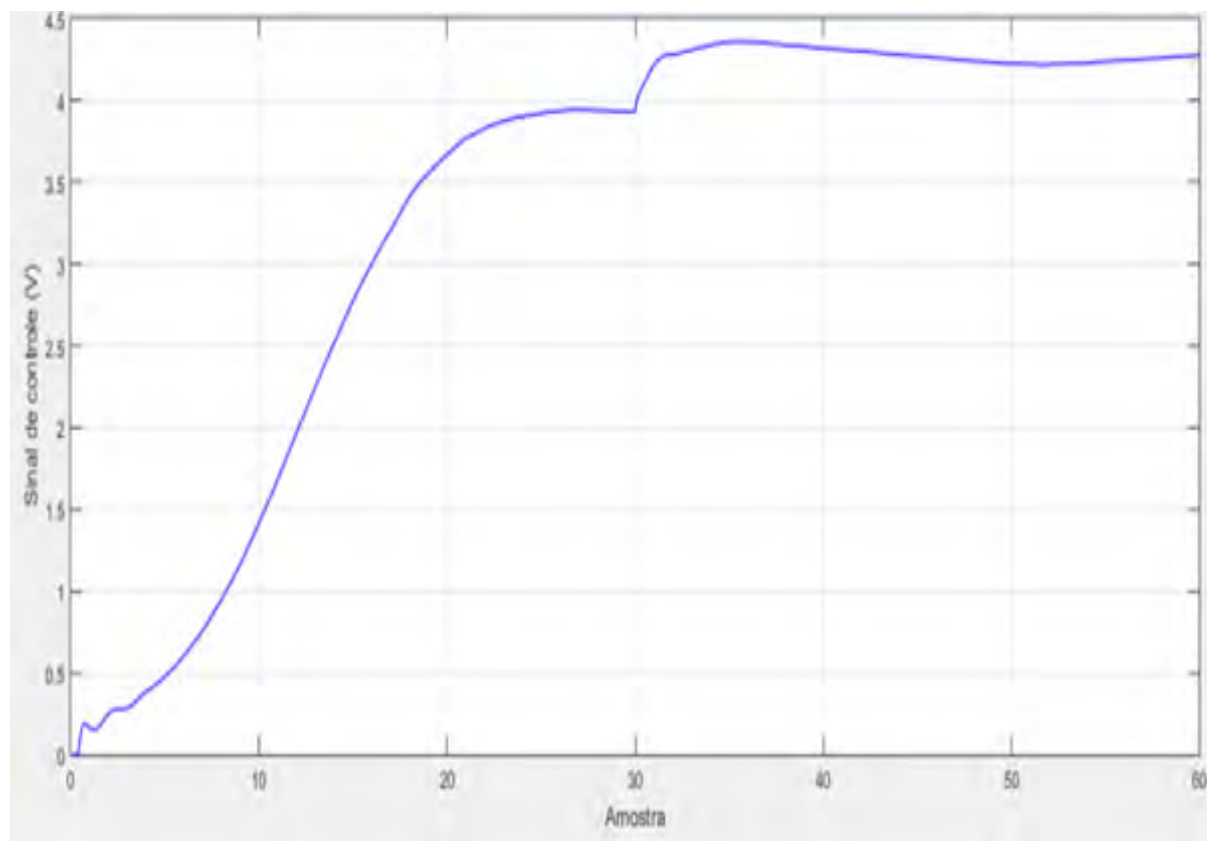


Figura 6. Sinal de controle aplicado pelo PID.

Para o controlador DMC, outros parâmetros devem ser estabelecidos. Tais como: $N = 5$; $N_u = 10$; $N_y = 8$ e $\lambda = 5$.

Os sinais de saída e controle do sistema com o controlador preditivo DMC podem ser observados nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

Nota-se que na Figura 7, a saída do processo estabiliza no tempo de 0,8 segundos; no entanto, possui um sobressinal de 20%. Com a mudança de referência, o sistema estabiliza no tempo de 3,4 segundos; porém, com um sobressinal menor, de aproximadamente 8%.

Na figura 8, pode-se observar que o sinal de controle cresce rapidamente no início do processo,

obtém um sobressinal com pico de 4,4 V, mas estabiliza em 3,75 V, aproximadamente no mesmo tempo em que a saída se estabiliza na referência. Com a mudança desta, observa-se um sobressinal com pico em 4,8 V, mas com o sinal de controle se estabilizando em 4,6 V.

Ademais, na Tabela 2, pode-se observar os somatórios dos erros quadráticos (SEQ) e os somatórios dos sinais de controle (SUQ), os quais são obtidos pelas equações (19) e (20), respectivamente.

$$SEQ = \sum_{1}^{Nit} (y_r - y)^2 \quad (19)$$

$$SUQ = \sum_{1}^{Nit} u^2 \quad (20)$$

É importante ressaltar que este trabalho é um estudo comparativo entre uma técnica de controle clássica (PID) e uma técnica de controle avançada (DMC). Não é o objetivo do trabalho avaliar a melhor técnica, mas fazer uma análise da potencialidade dos dois controladores em termo de estabilidade, rastreamento de referência e esforço de controle.

Tabela 2. Somatório dos erros quadráticos e sinal de controle.

	PID	DMC
SEQ	169,37	74,56
SUQ	7819,98	10271,01

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o projeto de dois controladores, os quais foram implementados na planta PAM, cuja modelagem foi realizada a partir do uso da técnica dos mínimos quadrados recursivos com o algoritmo da aproximação estocástica. O uso dos dois controladores, abre a discussão para a comparação entre as duas técnicas, haja vista que ambos controlaram o sistema, porém de formas diferentes.

O PID via síntese de Dahlin precisou de mais tempo para estabilizar o sistema, apresentou certos ruídos e possuiu maior SEQ, com base no número de amostras utilizadas. Suas vantagens foram menor esforço de controle (SUQ), ou seja, menos sinal de controle foi aplicado na planta, e uma

saída mais conservativa.

No DMC foi notado a rápida estabilização da planta, logo, alcançando um tempo de acomodação menor que o PID. Além disso, o SEQ deste controlador foi menor pelo rápido rastreamento da referência. No entanto, houve o aparecimento de sobressinais (saída mais agressiva) e apresentou a necessidade de usar mais sinal de controle, assim, possuindo maior SUQ; fato esse que deriva do alto processamento computacional que essa técnica de controle preditivo demanda.

Portanto, com base nas informações supracitadas, pode-se afirmar que o estudo e as experiências realizadas na área de controle são importantíssimas. A comparação das duas técnicas deste trabalho mostra que estas conseguem estabilizar a planta e podem ser utilizadas. No entanto, o PID se mostrou mais eficaz nos quesitos sinal de controle aplicado e menor sobressinal; já o DMC se mostrou mais eficaz pela rapidez no rastreamento da referência, menor ruído e menor SEQ, quando comparado ao PID.

Trabalhos futuros irão se concentrar em utilizar essas técnicas em diferentes plantas, com o intuito de demonstrar a eficiência e ampliar a popularidade dessas. Ademais, a utilização de diferentes técnicas de controle preditivo ou de PID's com sintonias alternativas na planta do PAM, também, podem ser viáveis como propostas futuras.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. **Introdução a Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não Lineares Aplicadas a Sistemas Reais**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2007.
- ÄSTRÖM, K. J, and WINTTENMARK, B. **Adaptive Control: Reading**. Massachusetts: Addison-Wesley, Inc. (1995).
- WELLSTEAD, P.E. and ZARROP, M. **Self-Tuning Systems: Control and Signal Processing**. New York: John Wiley and sons, 1991.
- CAMACHO, E. and ALBA, C. **Model predictive control**. Springer Science e Business Media, 2013.
- COELHO, A.; COELHO, L. **Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares**. Editora UFSC, 2 Edição, 2016.
- COELHO, A.; JERONYMO, D., ARAÚJO, R. B. **Sistemas dinâmicos: controle clássico e preditivo discreto**. EDUFSC, 2019.
- JERONYMO, D.; ARAUJO, R. B, COELHO, A. Auto-sintonia conservativa para controle preditivo generalizado adaptativo. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, vol. 1. nº 1, 2013.
- KNIHS, V.; FRANCA, A.; SILVEIRA, A.; GOMES, F.; COELHO, A. (2010). Avaliação e projeto de um controlador self-tuning na estabilização de sistemas oscilatórios. In: HYPERLINK "<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/5738180/proceeding>" 2010 9th IEEE/IAS **International Conference on Industry Applications** - INDUSCON 2010.
- KOKATE, D.; WAGHMARE, L. M. Review of Tuning Methods of DMC and Performance Evaluation with PID Algorithms on a FOPDT Model. **International Journal of Control and Automation**, vol. 4, June, 2011.
- OGATA, K. and YANG, Y. **Modern control engineering**. London 2002.
- SEBORG, D.; MELLICHAMP, D.; EDGAR, T. F; DOYLE, F. **Process Dynamics and Control**. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2011.

Formação histórica da educação profissional no Brasil: do surgimento da educação formal à criação dos Institutos Federais

Historical formation of professional education in Brazil: from the emergence of formal education to the creation of Federal Institutes

Rodrigo Alves Chaves

Bacharel em Direito. Especialista em Educação para Relações Étnico-Raciais; Especialista em Docência para Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Professor do IFPA, *Campus* Belém. **Endereço:** Travessa Timbó, n.º 1890 - Apto. 206, Bairro do Marco, Belém, Pará. **E-mail:** rodrigo.chaves@ifpa.edu.br.

Aloma Tereza Pinho de Vasconcelos Chaves

Licenciada Plena em Letras; Bacharel em Direito. Especialista em Educação PROEJA; Especialista em Língua Portuguesa: Uma abordagem Textual. Mestre em Gestão em Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável. Professora do IFPA, *Campus* Belém.

RESUMO

A Educação está em evidência no contexto atual da sociedade brasileira, principalmente no que tange os domínios socioeconômicos, culturais e políticos, por ser uma ferramenta indispensável ao progresso da nação e possível solução das desigualdades sociais, culturais e econômicas do país. A formação da população é de extrema importância, atuando como forma de proteção em um ambiente competitivo e inóspito ao trabalho. O presente trabalho preocupa-se em historicizar, através da revisão bibliográfica, o desenvolvimento das políticas de formação do trabalhador e como se deram as relações educação-trabalho desde a criação do ensino profissional no Brasil, enfatizando a importância da criação de estratégias e políticas educacionais para o avanço do país, a exemplo dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs). A metodologia utilizada é baseada no autor Antônio Joaquim Severino (2016), por meio da pesquisa bibliográfica e qualitativa, para verificar da melhor forma possível como se originou e evoluiu a educação profissional, científica e tecnológica no Brasil.

Palavras-chave: Educação Profissional. Ensino. Institutos Federais.

ABSTRACT

Education is in evidence in the current context of Brazilian society, especially with regard to the socioeconomic, cultural and political domains, as it is an indispensable tool for the nation's progress and possible solution to the country's social, cultural and economic inequalities. The formation of the population is extremely important, acting as a form of protection in a competitive and inhospitable environment at work. The present work is concerned with historicizing, through bibliographic review, the development of worker training policies and how education-work relations took place since the creation of professional education in Brazil, emphasizing the importance of creating educational strategies and policies for the advancement of the country, like the Federal Institutes of Education, Science and Technology (IFs). The methodology used is based on the author Antônio Joaquim Severino (2016), through bibliographic and qualitative research, to verify in the best possible way how professional, scientific and technological education originated and evolved in Brazil.

Keywords: Professional Education. Teaching. Federal Institutes.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho perpassa, em sua essência, pela história da educação profissional no Brasil, fazendo uso da revisão bibliográfica para visualizar como o ensino técnico-tecnológico desenvolveu-se no país a partir da criação de instituições de ensino específicas, a exemplo dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs).

No transcorrer do texto é possível observar quais as principais legislações que propiciaram a evolução histórica da organização e estrutura do sistema de ensino técnico-científico brasileiro.

A metodologia utilizada é baseada no autor Antônio Joaquim Severino (2016), por intermédio da pesquisa bibliográfica, diagnosticando da melhor forma possível como aconteceu à disseminação do ensino técnico em terras brasileiras, até o aparecimento dos IFs (Institutos Federais) e da rede federal. Segundo Severino (2016) a pesquisa qualitativa é basicamente aquela que busca entender um fenômeno específico em profundidade. Ao invés de estatísticas, regras e outras generalizações, a qualitativa trabalha com descrições, comparações e interpretações.

A pesquisa bibliográfica utilizada abrange a leitura, análise e interpretação de livros, periódicos, textos legais, manuscritos, etc. Todo material que foi recolhido durante a produção textual foi submetido a uma triagem, a partir dela estabeleceu-se um plano de leitura. Trata-se da leitura atenta e

sistemática que se faz acompanhar de anotações e fichamentos que serviram à fundamentação teórica do estudo, dando suporte a todas as fases da pesquisa, uma vez que auxilia na definição do problema, na determinação dos objetivos, na construção de hipóteses e na fundamentação da própria escolha do tema.

É mister se falar que a educação vem sendo evidenciada nas esferas econômica, política e cultural por ser parte indissociável da vida social, onde há tensão gerada a partir das disputas dos projetos societários de diferentes grupos e segmentos sociais, com foco na conquista da supremacia política e cultural naquela sociedade. O ordenamento jurídico brasileiro vem defendendo a educação, com livre acesso a todos os cidadãos, de excelência e rápido ingresso no mercado profissional, porém as letras “frias” das leis nem sempre condizem com a realidade, não passando de meras expectativas.

Dentro desses escritos haverá uma reflexão acerca da história de uma educação ainda em formação, marcada pela exclusão social, econômica e cultural, das classes menos favorecidas. Uma realidade educacional com raros investimentos ou incentivos por parte do governo, com escassez de oportunidades para a parcela mais empobrecida da população e sob a tutela de entidades nacionais e internacionais que direcionam a educação do Brasil para uma ação mercantilista.

Ao tratar da educação profissional, Saviani (2006) observa

que a revolução industrial colocou a máquina no centro do processo de produção e a escola foi o lócus principal e dominante da educação.

Na visão de Manacorda (1994) a escola, enquanto instituição de Estado nasce juntamente com a fábrica. Neste momento, as instituições que proporcionavam a instrução, em geral pertencentes à Igreja, passaram para o controle do Estado. Era uma conjuntura de transformação dos modos de produção e de vida, na qual erigia o anseio de uma escola gratuita para todos.

A educação técnica-tecnológica tem em seu escopo o desenvolvimento socioeconômico das diversas regiões brasileiras, colaborando para uma correta ordenação do território brasileiro por intermédio da inserção de regiões há muito esquecidas pelas políticas públicas em educação. Para tanto é indispensável o estabelecimento em lei de fonte específica de financiamento e manutenção, como medida essencial ao completo êxito do agrupamento de políticas em curso para a Educação Profissional e Tecnológica.

BREVE HISTÓRICO DA EDUCAÇÃO FORMAL NO BRASIL

A educação formal no período do Brasil Colônia é restrita a poucos segmentos da sociedade, ministrada pela Igreja Católica, principalmente através dos jesuítas (PIMENTEL, 2007). Essa educação formal baseava-se em estudos teóricos, distantes da realidade do lugar em que os estudantes viviam.

Tais estudos teóricos, exclusivos para as classes dirigentes, estabeleceram a distância e a desconsideração com os trabalhos manuais.

Uma vez que, no Brasil os trabalhos manuais cabiam aos escravos e a sua feitura era aprendida no dia-a-dia destes, os homens livres, “principalmente daqueles que estavam socialmente mais próximos dos escravos [como] mestiços e brancos pobres” (CUNHA, 2000, p. 14), evitavam tais trabalhos para não serem associados à condição de “propriedade de outrem” que caracterizava a condição de escravo (CUNHA, 2000).

Devido ao comportamento narrado acima, quando um empreendimento exigia grande quantidade de trabalhadores manuais uma certa parcela de homens livres que não estivesse em condições de se opor, era obrigada pelo Estado a assumir este papel. Estes eram órfãos e abandonados encaminhados as casas Pias e, também, prisioneiros.

A dura realidade do trabalho escravo iria impedir o acesso dos trabalhadores a qualquer tipo de educação. A educação formal era restrita a poucos setores da sociedade e, de início, estava totalmente nas mãos da Igreja Católica, com destaque para a atuação dos jesuítas (ORTIGARA, 2014).

A intervenção do Marquês de Pombal que levou à expulsão da ordem dos Jesuítas, denominada Companhia de Jesus, afetou a organização do ensino na Colônia. Desta forma, houve a necessidade da reorganização do

sistema de educação por parte do Estado, fato que demorou a acontecer, ocorrendo somente com a vinda da família real para o Brasil em 1808 (MANFREDI, 2002). Ainda assim, o analfabetismo era a marca registrada da grande maioria dos brasileiros, mesmo entre a minoria que era livre.

Em 1808, o Brasil passa a ser sede do Reino Português e várias mudanças ocorrem, dentre elas, o início de atividades particulares e estatais em apoio ao Comércio com a Metrópole, concomitante à instituição do Estado Nacional e de um sistema educacional que permaneceu inalterado por um período que ultrapassou um século (CUNHA, 2000).

Campelo (2010) ressalta que predominou por um longo tempo, chegando quase à época do advento da república, um pensamento direcionado para as letras, política e profissões liberais, delongando iniciativas que mudassem este quadro. A mentalidade vigente era a de que o trabalho duro era para os índios e posteriormente aos escravos, desprezando o ensino de ofícios (oriundos da orientação jesuítica).

No período de 1840 a 1856 (período imperial) ocorreu à fundação das Casas de Educandos Artífices em dez províncias, um modelo de disciplina e hierarquia para atender as crianças e jovens que pediam esmolas.

Os Liceus de Artes e Ofícios surgiram de organizações da sociedade civil, tendo nobres, comerciantes, fazendeiros e burocratas do próprio estado como sócios. Esses Liceus

eram beneficiados com verbas originárias de governos, sendo criados em cidades como Rio de Janeiro (em 1858), Salvador (1872), na cidade de Recife no ano de 1880, e São Paulo (1882). Destaca-se que as políticas de Educação, tanto oriundas do Estado, quanto às particulares, direcionavam-se aos pobres com a finalidade de proporcionar uma formação voltada ao trabalho “socialmente útil e legitimador da pobreza”, diferente da educação regular existente no país (MANFREDI, 2002).

A mentalidade que prevalecia até então era de que a formação profissional era um ato caridoso e não compreendida como uma atividade relacionada ao ensino público, o que é ressaltado por Ciavatta:

O trabalho e o assistencialismo constituem-se fundamentos de processos educativos associados à ‘escola do trabalho’, segundo dois eixos fundamentais: a regeneração pelo trabalho e o trabalho pela modernização da produção (CIAVATTA, 1990, p. 328).

Mesmo com a vinda da Família Real, durante toda a monarquia e da intervenção do Marquês de Pombal, a situação pouco se modificou: o analfabetismo era a marca registrada da grande maioria dos trabalhadores brasileiros, mesmo entre a minoria que era livre.

A abolição da escravidão e o advento da República não iriam modificar substancialmente este quadro. A realidade da República Velha, com o poder nas mãos das oligarquias, consubstanciado na figura do “coronel”, tinha na ignorância da população um

dos seus pilares, cujo símbolo maior era o “voto de cabresto”, em que o eleitor, virtualmente analfabeto, apenas desenhava a sua assinatura e votava no candidato do coronel. Embora já existissem as professoras vindas da capital e já começasse a ser organizada uma incipiente rede de ensino primário, que variava muito em cada estado, a grande massa de trabalhadores continuava afastada da escola, num país ainda profundamente rural.

O INÍCIO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL

A chegada da República se deu em um momento em que a industrialização e urbanização se acentuaram. Várias indústrias surgiam em cidades que mudavam seu contorno rumo à expansão, sendo premente uma necessidade de adaptação a este panorama, fazendo com que o Estado encaminhasse políticas para o ensino primário e profissional, alterando o quadro educacional do país.

Quanto ao ensino de formação profissional, a iniciativa governamental de Nilo Peçanha ocorrida no ano de 1909 procura transformar as escolas de aprendizes em uma rede nacional para o panorama político e econômico de então.

Segundo Manfredi (2002, p. 82):

O desenvolvimento industrial capitalista, como modo de produção e de vida, tão cedo revelou o papel de protagonistas dos trabalhadores, os quais, mediante suas organizações promoveram uma série de movimentos grevistas, que se espalharam por todos os principais centros industriais. Num

clima de movimentos de contestação social e política, o ensino profissional foi visto pelas classes dirigentes como um antídoto contra o apregoamento das ideias exóticas das lideranças anarco-sindicalista existentes no operariado brasileiro, o qual, na época, era majoritariamente formado por imigrantes estrangeiros. Além disso, a outra facção das classes dominantes, o grupo dos chamados industrialistas não só entendia que o ensino profissional serviria como poderoso instrumento para fazer frente ao avanço do movimento operário, mas também, a exemplo dos países europeus e dos Estados Unidos, defendia o ensino público como instrumento de emancipação econômica, social e política (MANFREDI, 2002, p. 82).

A Política de Educação Profissional do Presidente Nilo Peçanha foi iniciada através do Decreto 7.566, datado de 23 de setembro de 1909, que criou dezenove escolas abrangendo todas as unidades da federação, excetuando Rio Grande do Sul e o Distrito Federal. A política em questão objetivava formar operários através de um ensino prático e repasse de informações técnicas aos aprendizes se diferenciando da educação que se dava nas escolas regulares do país que envolvia uma preparação para a cidadania.

Iniciada em 1909, a política ofertava ofícios de sapataria, marcenaria e alfaiataria que tendiam mais para o lado artesanal do que propriamente o de manufatura, indicando não haver aproximação com os objetivos vinculados à indústria que vieram de seus idealizadores. Uma escola de artífices com ofícios industriais foi mais comum na realidade de São Paulo que naquele momento desenvolvia

um importante parque fabril (CUNHA, 2000).

Durante a República Velha, teremos o primeiro modelo federal de escolas profissionalizantes, as chamadas escolas de aprendizes e artífices, idealizadas pelo presidente Nilo Peçanha em 1909, que darão origem, futuramente, aos atuais Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs).

“O Brasil de ontem saiu das academias, o Brasil de amanhã sairá das oficinas”. Este pensamento de Nilo Peçanha está gravado no hall de entrada de diversos CEFETs. Esta frase síntese, que durante muito tempo foi usada para ilustrar uma visão tecnicista da educação, contra a qual se pretendia opor uma visão mais “crítica” de educação, na verdade traduz um pensamento liberal sim, mas bastante progressista para a época, pois no fundo defende um modelo de educação integral. A questão é que, na prática, as Escolas de Aprendizes passaram muito longe dos ideais defendidos por seu criador.

Essas escolas não formaram especialistas, quando muitos serviram como mão-de-obra semiqualeificada e barata, não deram respostas concretas às indústrias locais, até porque em diversas localidades onde estavam presentes não existiam indústrias, ou eram muito atrasadas. Não representaram uma política pública efetiva de educação profissional, nem causaram grandes impactos sociais nas regiões onde cresceram, não conseguindo nem mesmo ser produtivas

diretamente para a economia local. Muitas vezes cumpriram um papel que as colocava dentro de uma dimensão política das oligarquias da época:

Mais do que supridoras de força de trabalho para a industrialização, as escolas de aprendizes artífices constituíram um meio de troca política entre as oligarquias que controlavam o Governo Federal e as oligarquias no poder nos diversos estados. Os gastos federais na forma de salários e de compras no comércio local representavam importante aporte econômico, assim como os empregos para os indicados pelas elites locais – instrutores, secretário e principalmente, diretor. As vagas oferecidas pelas escolas para os alunos poderiam ser, por sua vez, preenchidas mediante recomendações dos chefes políticos locais aos diretores, satisfazendo demandas de seus agregados e cabos eleitorais (CUNHA, 2000, p. 125).

Não poderia ser diferente. A ideia de que o capitalismo precisa de escolas para formar mão de obra, numa análise puramente funcional, mesmo quando feita criticamente, não encontra eco na história do capitalismo e, principalmente na formação do capitalismo brasileiro.

Se até os anos 30 o ensino profissionalizante estava reduzido às iniciativas pontuais nos estados e em alguns municípios, além das escolas de Aprendizes Artífices, o que praticamente não influenciava a formação da mão-de-obra para a economia, nesta década o quadro vai começar a sofrer grandes alterações, até porque a própria Revolução de 30, de acordo com as diversas análises existentes, é considerada como o início da construção do capitalismo industrial brasileiro, mesmo atrasado, ou tardio, e dependente. A questão dos

trabalhadores precisava, agora, ser vista por novos ângulos:

O Estado que emergiu da Revolução de 1930 manteve o papel fundamental de desorganizador político da classe operária, reprimindo duramente a vanguarda e suas organizações partidárias, ao mesmo tempo em que procurava estabelecer com o conjunto da classe um novo tipo de relações. A política de marginalização pura e simples, realizada pelas velhas classes dominantes, não tinha mais condições de se sustentar. Se na plataforma da Aliança Liberal já se encontravam os traços de um maior interesse pelo chamado problema social, as agitações operárias dos primeiros anos da década de trinta acabaram por 'sensibilizar' o governo em definitivo (FAUSTO, 1987, p. 107-108).

A educação como um todo também passa por diversas modificações, entra em definitivo na agenda social e, a partir dessa década, ganha um grau de "autonomização" que faz dela própria, ao final dos anos 30, de acordo com a definição de Luiz Antonio Cunha, um "campo".

Marco inicial da construção do campo educacional brasileiro, o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, de 1932, faz uma defesa veemente daquele que seria o principal ponto para a construção democrática de um sistema educacional para o Brasil – a educação secundária. A intenção do Manifesto era garantir que a educação secundária deixasse de ser um fator de diferenciação social e, ainda, conseguir o mesmo nível de qualidade tanto para a educação profissional (que seria principalmente manual ou mecânica) e a educação científica ou humanista (majoritariamente intelectual).

As primeiras indústrias brasileiras, no início, traziam do estrangeiro os trabalhadores qualificados para movimentarem a maquinaria, mas aos poucos esses se mostravam duplamente problemáticos, uma vez que não repassavam o conhecimento para formar substitutos locais e, ainda, traziam ideias e práticas que acabavam contestando a ordem nas fábricas e na sociedade (CUNHA, 2000). Além disso, o próprio avanço de diversos processos produtivos, na indústria e nos transportes, estava a exigir maior qualificação da mão-de-obra e alguma valorização do trabalhador e até mesmo uma nova postura ideológica.

No entanto, essas mudanças vão, na verdade, reforçar a dualidade escolar, e vão ter no próprio poder estatal um dos principais protagonistas, em especial no período da ditadura getulista do Estado Novo. Os anos 40 começam e dois momentos decisivos vão marcar esta tendência, ambos em 1942.

O primeiro e mais importante, do ponto de vista do alcance atingido, consiste na criação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, que iria, com o seu desenvolvimento, tornar-se hegemônico no campo do ensino profissionalizante.

O SENAI se apresenta não só como a alternativa mais adequada para contornar a oferta deficiente de técnicos, em quantidade e qualidade, provenientes das escolas já existentes, mas também como o meio através do qual se poderia garantir a assistência técnica mais imediata às empresas e influir na própria modernização das escolas tradicionais. Caberá, agora, à empresa industrial parte desta tarefa,

intervindo diretamente na formação profissional. O SENAI constitui, desta maneira, um marco na história do ensino industrial brasileiro (MACHADO, 1982, p. 40-41).

O segundo momento e o mais importante para o presente estudo é a regulamentação do ensino técnico industrial, através do Decreto-lei nº 4.073 de 30 de janeiro de 1942, que funcionou como uma lei “orgânica” do ensino técnico por quase cinquenta anos. Segundo Luiz Antonio Cunha, este sistema nasce a partir de duas vertentes, uma que surge como escola profissional para formar operários e a outra que vem das escolas de engenharia (CUNHA, 2000, p. 125).

Assim, apesar da possibilidade de um ensino integral, com a existência de um ensino prático profissional associado a um ensino teórico e de cultura geral no mesmo currículo, este sistema irá acirrar a contradição das duas perspectivas, pois ambas refletem “prestígios” assimétricos na sociedade, com simples formação de operários de um lado e uma escola que prepara futuros engenheiros do outro (ibidem).

Após o ensino primário, o ensino industrial foi criado para ser um segundo grau dividido em duas partes. Na primeira, um primeiro ciclo de quatro anos, que na lei geral tinha vários ramos (inclusive o industrial) e somente depois, no 2o ciclo, é que apareciam os cursos técnicos.

A entrada num curso técnico era baseada em critérios extremamente rígidos, inclusive com vestibular, e permitia ainda a posterior entrada direta

em cursos superiores “correlatos”, criando, assim, demandas muito diferenciadas. Uma coisa era fazer o primeiro ciclo industrial, outra, notadamente de outro nível, era alcançar o curso técnico.

As escolas de aprendizes artífices foram todas elas transformadas em escolas técnicas industriais, mas poucas começaram oferecendo de imediato, ou nos primeiros anos, os cursos técnicos. No entanto, todas ofereciam o primeiro ciclo, ou seja, cursos industriais básicos e, com o passar dos anos e outras mudanças na legislação, essas escolas vão ficando conhecidas como “ginásios industriais”.

Os anos JK irão representar um novo dinamismo para o ensino industrial. O processo de industrialização brasileiro ultrapassa o período da “substituição das importações” e ganha um ritmo próprio, embora ainda dependente do capital externo. O próprio Plano de Metas inclui, entre os seus objetivos, o incentivo à “formação de pessoal técnico”. É claro que também o ensino profissional teria que se dinamizar e se reaparelhar para atender, em certa medida, a esta expansão do capitalismo brasileiro.

A Lei nº 3.552, de 16 de fevereiro de 1959, e o Decreto nº 47.038, de 16 de outubro do mesmo ano, que regulamentou a lei, vão impulsionar decisivamente o ensino técnico no país e refletem-se diretamente no crescimento da Escola de Campos. Esta legislação traduz-se na autonomia das Escolas Técnicas Federais, que passaram a ter personalidade jurídica

própria.

Embora o peso do surgimento do atualmente chamado Sistema S (depois do SENAI vieram outros similares, para atender, além da indústria, ao comércio e à agricultura), as Escolas Técnicas gozaram de muito prestígio durante o Regime Militar, particularmente durante a década de 70, com o clima reinante de Brasil, considerado como uma grande potência, e do “milagre econômico”, implementados pelo discurso oficial do Regime Militar.

Assim, a perspectiva de formação de técnicos para o “milagre econômico” e o sucesso das Escolas Técnicas irá contaminar o Governo militar, a ponto de inspirarem a tristemente famosa Reforma educacional elaborada a partir da Lei n. 5.962/71, a reforma do ensino compulsoriamente profissionalizante:

As escolas técnicas industriais foram o festejado modelo de novo ensino de 2o grau profissionalizante. Elas não eram muitas no Brasil, ao fim dos anos 60. Apenas algumas dezenas, mas gozavam de alto conceito, porque muitos dos seus ex-alunos conseguiam bons empregos ou faziam bons cursos superiores. Só que o que dava certo com poucas escolas, com alguns milhares de alunos, e no setor industrial, não tinha de dar certo, necessariamente, com todas as escolas de 2o grau, com mais de dois milhões de alunos, em todos os setores da economia. Havia funcionários do Ministério da Educação e docentes das escolas técnicas que conheciam bem o mundo do trabalho, sabiam dos equívocos que se cometiam e eram capazes de prever os graves efeitos deles resultantes para todo o sistema educacional. Não foram ouvidos nem insistiram muito – não era um momento conveniente para dissensões, mesmo as desse tipo (CUNHA, 2000, p. 05).

Desde o surgimento dos Centros Federais de Educação Tecnológica, no final da década de 70, quando a Lei nº 6.545/78 transformou as escolas técnicas de Minas, Paraná e Rio de Janeiro em CEFETs, possibilitando a esses Centros a oferta de cursos superiores na área de tecnologia, esse modelo passou a ser considerado o ideal a ser atingido pela maioria das outras escolas técnicas federais.

Destaca-se sobre a Lei, que os CEFETs foram criados como instituições de curso superior no que se referem aos objetivos educacionais, e também aspectos administrativos, deslocando suas atividades do ensino médio técnico para a educação superior, diferenciando-se para cima da tradicional atuação das escolas técnicas então conhecidas. O artigo 1º da mesma autoriza o funcionamento de cursos superiores profissionais de duração mais curta. Mais adiante, o Decreto de número 87.310/82 define as atividades fins dos CEFETs como sendo a formação de tecnólogos, restringindo a atuação na área tecnológica.

Ciavatta observa a possibilidade de que o processo de transformação das escolas técnicas em CEFETs acaba sendo:

[...]exigência posta por sua aproximação com o mundo da produção, da ciência e da tecnologia e a necessidade de formar para o trabalho complexo. (CIAVATTA, 2006, p. 913)

CRIAÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS

Após décadas de políticas

pautadas em um discurso neoliberal, privatista e de profunda degradação das instituições federais de ensino, que absorveram a lógica vivida na sociedade brasileira do momento, surge um projeto estratégico que buscava, na visão de Pacheco:

[...] não apenas a inclusão nessa sociedade desigual, mas a construção de uma sociedade fundada na igualdade política, econômica e social: uma escola vinculada ao mundo do trabalho numa perspectiva radicalmente democrática e de justiça social (PACHECO, 2010, p. 8).

Baseado nos princípios formuladores do Plano Nacional de Educação (PNE) e no processo legal de discussões e articulações, em 29 de dezembro de 2008, foi instituída a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica através da Lei nº. 11.892/2008, criando os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

[...] a criação dos IF gerou, seja para os educadores, seja para a sociedade, a expectativa da possibilidade da implantação de uma educação unitária, uma vez que um dos fundamentos contemplados pela proposta de criação dos IF é a ruptura do dualismo estrutural entre ensino propedêutico e ensino profissional, especialmente pela retomada da oferta de uma educação profissional de nível médio integrada à formação geral. (ZAGO, 2018, p. 18-19)

A Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) concebeu em junho de 2008 um documento intitulado “Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia: concepção e diretrizes” - versão impressa, já no ano de 2010 foi

realizado o lançamento da versão digitalizada destes escritos sob o título “Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia: Um novo modelo de educação profissional e tecnológica - concepção e diretrizes”. No texto aqui mencionado, a criação dos Institutos seria uma estratégia governamental para o desenvolvimento local, regional e nacional do Brasil, consolidando o processo de integrar os milhares de cidadãos brasileiros a uma melhor qualidade de vida.

O Governo Federal cria um modelo inovador que não encontra semelhança em outros países, compondo uma rede de 38 institutos, com 314 campi em todo o país. A proposta apresenta o compromisso de identificar problemas nas diversas regiões do país, criando soluções técnicas e tecnológicas para essas áreas.

O governo percebe os Institutos Federais enquanto catalisadores do processo de modernização e desenvolvimento da nação, preparando os cidadãos para serem incluídos no mercado de trabalho através da educação profissional e tecnológica, tendo em vista os arranjos produtivos e os aspectos socioculturais das regiões, contemplando as demandas sociais do povo, por formação e elevação dos níveis de escolaridade, e as solicitações do capital que requer qualificação dos indivíduos com o objetivo de aumentar a produção e elevar as taxas de lucro.

De acordo com o documento, ao norte citado, existe dificuldade em se encontrar trabalhadores qualificados no campo da educação profissional e

tecnológica. Por mais que houvesse uma modesta formação de profissionais pela modalidade de educação profissional e tecnológica, na realidade produtiva o ensino médio completo é estabelecido como exigência mínima de qualificação para o mercado, cada vez mais exigente. Nestas circunstâncias:

“[...] a carência de mão de obra, em outros momentos históricos, sempre foi o mais forte elemento balizador da educação profissional e, portanto, definidor de política de ampliação de vagas para essa modalidade de educação” (BRASIL/MEC/SETEC, 2007).

O Estado brasileiro, através dos seus documentos oficiais, alega que a construção de uma nação sólida e soberana perpassa por alcançar metas difíceis, como abandonar a posição de consumidor para assumir a de produtor das tecnologias e inovações no mundo, ampliar as políticas públicas inclusivas, neste caso, a educação profissional e tecnológica.

As atividades de pesquisa nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia devem estar aportadas em 2 (dois) princípios: o princípio científico (consolidado na construção da ciência) e o princípio educativo (pautado na atitude de questionar a realidade de forma crítica). O documento também demonstra que a qualificação do cidadão pela educação profissional e tecnológica deve torná-lo um agente político capaz de entender a realidade e transformá-la em relação aos aspectos econômicos, políticos, sociais e culturais, superando as contradições existentes, permitindo o

surgimento de um mundo novo cheio de possibilidades. (BRASIL/MEC/SETEC, 2007).

Ante o exposto, é fácil notar o esforço do Brasil em ampliar a oferta de vagas e interiorizar a educação pública federal, criando os Institutos Federais e aumentando o número de *campi*, em localidades excluídas das políticas públicas governamentais no tocante a educação profissional e tecnológica. Deste modo, Pacheco, Pereira e Domingos Sobrinho (2010) entendem que o debate proveniente da relação ensino-ciência-tecnologia deve ser enfatizado no âmbito da criação dos IFs, porque se envolve com as solicitações pertinentes ao desenvolvimento nacional, no que se relaciona à formação dos trabalhadores, da sua cidadania e aos desafios da evolução científica brasileira. Uma formação integral, para Padilha e Lima Filho:

[...] possibilitaria a integração de saberes práticos e teóricos, ao permitir que vários níveis e modalidades de formação profissional convivam numa mesma instituição e possam realizar conexões entre si. (PADILHA; LIMA FILHO, 2016, p. 3)

CONCLUSÃO

Considerando a relevância da Educação nos seguimentos socioeconômicos, político e cultural do Brasil é possível identificar a existência de diversas legislações para defender o acesso e qualidade a todo cidadão brasileiro, sendo enxertado no mercado profissional logo que possível, no entanto, muitos desses discursos são meras quimeras.

No presente estudo teórico foi observada a história da educação nacional, repleta de marcas profundas como a exclusão social, econômica e cultural dos financeiramente desvalidos. O sistema educativo brasileiro necessita de um aporte financeiro muito maior por parte do Estado, além de não se permitir dominar por entidades nacionais e internacionais que intentem criar uma educação mercantilista no Brasil. Toda via, é indispensável acreditar na (re) construção da educação, enquanto direito e com engajamento ético de socializar conhecimentos, assegurando dignidade para vida de todos.

Durante a história da educação profissional duas lógicas se confrontaram de maneira permanente, a da formação tecnicista do trabalhador (visando à produção/mercado) e a formação total do homem, inserindo temáticas históricas e políticas, gerando um indivíduo com pensamento crítico. Destaca-se que, durante muitos, anos a base da educação profissional no país conduzia a uma formação técnica para gerar mão de obra disponível para a industrialização nascente e serviços essenciais à vida urbana, diferenciando conhecimentos da educação secundária regular que tinha por objetivo formar cidadãos e profissionais liberais em carreiras valorizadas pela sociedade, no que Ciavatta (2006) vai pontuar: “... a lógica da produção capitalista e a lógica da educação”. Os filhos dos trabalhadores caminhavam para a educação técnica, pois precisavam trabalhar cedo, enquanto os filhos da elite brasileira podiam passar pela

educação formadora de cidadãos.

A implantação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia fomentou a ampliação da oferta de vagas na rede pública de ensino, por este prisma, as instituições federais que oferecem o ensino superior não se restringem as universidades, pois há um modelo alternativo de instituição que possui a educação profissional, técnica e tecnológica.

O ano de 2004 trouxe mudanças no cenário acima mencionado, no qual a partir de mobilizações da sociedade, foi revogado o decreto de n.º 2.208/96, que proibia a que o ensino técnico fosse integrado ao médio. O documento em questão foi substituído pelo Decreto 5.154/04, possibilitando a integração das respectivas formações educacionais elencadas. Após anos de luta, era então garantida uma formação profissional e formação geral (PEREIRA, 2009).

Neste contexto, o estabelecimento do ensino médio integrado ao ensino técnico foi um importante passo de superação da dicotomia do trabalho manual e trabalho intelectual, agregando a dimensão do intelecto ao trabalho produtivo, capacitando os indivíduos para atuar como trabalhadores e cidadãos críticos (CIAVATTA, 2005).

O Estado condensa as relações de força entre classes e frações de classes, por mais que prepondere a proposta de sociedade e de educação no Brasil das elites abastadas, o Governo, ao elencar suas políticas públicas, procura levar em consideração os

desígnios do capital em seu conjunto, mas também das outras classes sociais presentes naquela comunidade.

Numa leitura mais objetiva, decorrida a criação dos IFs, amplia-se a oferta de educação pública que, embora também inserida nos limites da sociedade de classes, viabiliza a formação e desenvolvimento de novos intelectuais comprometidos com a superação do abismo social existente entre ricos e pobres no Brasil.

Vale frisar que o ambiente econômico recessivo, as reformas trabalhista e previdenciária geraram um passivo econômico-social contínuo promovendo a precarização do trabalho, a ausência de proteção social a população em situação de vulnerabilidade e o direcionamento ao individualismo. Diante deste quadro, os professores da educação profissional devem pensar como o ensino técnico-científico pode servir de proteção aos discentes que buscam essa formação para obter uma qualidade de vida melhor.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 3.552, de 16 de fevereiro de 1959. **Nova organização escolar e administrativa dos estabelecimentos de ensino industrial do Ministério da Educação e Cultura**. Brasília, DF, fev. 1959.

_____. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. **Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, DF, dez. 1961.

_____. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. **Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus**. Brasília, DF, ago. 1971.

_____. Lei nº 6.545, de 30 de junho de 1978. **Transformação das Escolas Técnicas Federais de Minas Gerais, do Paraná e Celso Suckow da Fonseca em Centros Federais de Educação Tecnológica**. Brasília, DF, jun. 1978.

_____. Lei nº 8.948, de 8 de dezembro de 1994. **Instituição do Sistema Nacional de Educação Tecnológica**. Brasília, DF, dez. 1994.

_____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.

_____. Lei nº 11.195, de 18 de novembro de 2005. **Dá nova redação ao § 5º do art. 3º da Lei nº 8.948, de 8 de dezembro de 1994**. Brasília, DF, nov. 2005.

_____. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. **Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia**. Brasília, DF, dez. 2008.

_____. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. **Aprova o Plano Nacional**

de Educação – PNE e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2014/Lei/L13005.htm>. Acesso em: 20 de dez. de 2020.

_____. Lei de 15 de outubro de 1827. **Lei da Responsabilidade dos Ministros e Secretários de Estado e dos Conselheiros de Estado.** Rio de Janeiro, RJ: out 1827. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/lim-15-10-1827.htm>. Acesso em: 20 jan. 2021.

_____. Decreto-Lei nº 4.073, de 30 de janeiro de 1942. **Lei orgânica do ensino industrial.** Brasília, DF, jan. 1942.

_____. Decreto nº 47.038, de 16 de outubro de 1959. **Aprova o Regulamento do Ensino Industrial.** Brasília, DF, out. 1959.

BRASIL. Ministério da Educação. **O Plano de Desenvolvimento da Educação: Razões, Princípios e Programas.** Brasília, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/livro/livro.pdf>>. Acesso: 27 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC). **Expansão da Rede Federal.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec-programas-e-aco-es/expansao-da-rede-federal>. Acesso em: 15 jan. 2021.

Clavatta, F. M. A. **Os Centros Federais de Educação Tecnológica e o Ensino Superior: Duas Lógicas em Confronto.** Educ. Soc. Campinas, vol. 27, nº 96 - Especial, p. 911-934, out., 2006.

Clavatta, F. M. A. **O Trabalho como Princípio Educativo – Uma Investigação Teórico-Metodológica (1930-1960).** 1990. Tese (Doutorado em Educação), PUC-RJ, Rio de Janeiro, 1990.

Cunha, Luiz Antônio. **O Ensino de Ofícios Artesanais e Manufatureiros no Brasil Escravocrata.** São Paulo: Ed. Unesp; Brasília: Flacso, 2000.

Cunha, Luiz Antônio. **O Ensino Industrial-Manufatureiro no Brasil.** Rev. Bras. Educ., ago. 2000, nº 14, p. 89-107. ISSN 1413-2478.

Demo, P. **A Nova LDB: Ranços e Avanços.** 12ª ed. Campinas/SP: Papirus, 2001.

Fausto, Boris. **A Revolução de 1930 – Historiografia e História.** São Paulo: Brasiliense, 1987.

Machado, Lucília Regina de Souza. **Educação e Divisão Social do Trabalho.** São Paulo: Cortez, 1982.
Manacorda, Mario Alighiero. **História da Educação: Da Antiguidade aos Nossos Dias.** 4ª ed. São Paulo: Cortez, 1994.

MANFREDI, Silvia Maria. **Educação Profissional no Brasil**. São Paulo: Cortez, 2002.

ORTIGARA, C., **Políticas Para a Educação Profissional no Brasil: Os Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia e a Educação Integral**. Pouso Alegre, MG: IF Sul de Minas, 2014.

PADILHA, R. de F. S. J. e LIMA FILHO, D. L., **A Oferta de Educação Profissional Verticalizada nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, O Que há de Novo?** In: ANPedSul - Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. Curitiba, 2016. Anais XI ANPedSul - Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Curitiba: UFPR, 2016. Disponível em: <http://www.anpedsul2016.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/11/eixo21_ROSANA-DE-F%C3%81TIMA-SILVEIRA-JAMMAL-PADILHA-DOMINGOS-LEITE-LIMA-FILHO.pdf>. Acesso em 19 mar. 2021.

PEREIRA, Sandra. **Centenário da Rede de Educação Profissional**. Revista POLI: saúde, educação e trabalho, ano II, nº 7, p. 13-14, 2009.

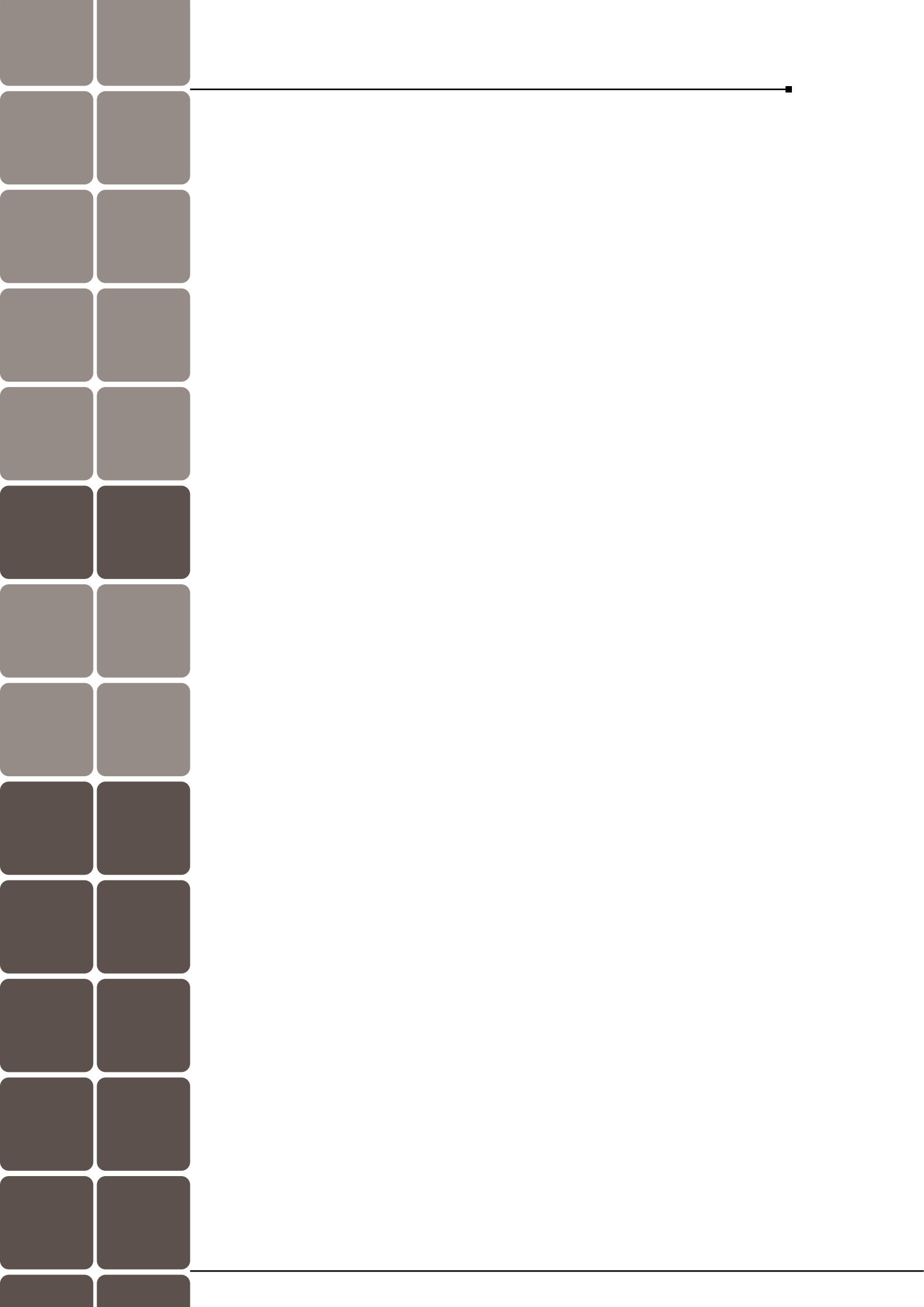
PIMENTEL, N. C. P. **A Formação do Trabalhador no Brasil**. SALTO para o Futuro, p. 9 - 15, 01 maio 2007.

SAVIANI, Demerval. **Trabalho e Educação: Fundamentos Ontológicos e Históricos**. In: 29º

Reunião da Anped, 2006, Caxambu. Anais... Caxambu, 2006.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24ª ed. São Paulo: Cortez, 2016.

ZAGO, Marcia de Freitas. **Configuração e Consolidação de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia**. 2020. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação), Piracicaba, 2018. Disponível em: http://iepapp.unimep.br/biblioteca_digital/pdfs/docs/03072018_173045_marciadefreitaszago_ok.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.



Modelo de Gross-Neveu

Gross-Neveu Model

William Santos Cunha

Graduando em Física - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus* Belém. **Endereço:** Pass. Santa Teresinha, No: 132. Bairro: Coqueiro. CEP.: 67113-260. **E-mail:** williamcnh1@gmail.com.

Leonardo Oliveira do Nascimento

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus* Belém. Doutor em Física - UFPA.

João Paulo da Silva Alves

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus* Belém. Doutor em Física - UFPA.

Charles da Rocha Silva

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus* Belém. Doutor em Física - UFPA.

RESUMO

Neste trabalho é realizado uma revisão teórica das principais características, simetrias e aplicações do modelo de Gross-Neveu na cromodinâmica quântica e na física da matéria condensada, com ênfase no estudo do poliacetileno.

Palavras-chave: Gross-Neveu. Características. Simetrias. Aplicações.

ABSTRACT

In this work it is perform a theoretical review of the main characteristics, symmetries and applications of the Gross-Neveu model in quantum chromodynamics and condensed matter physics, with emphasis on the study of polyacetylene.

Keywords: Gross-Neveu. Characteristics. Symmetries. Applications.

INTRODUÇÃO

Com o advento da descoberta das partículas subnucleares na década de 60, surge a cromodinâmica quântica (CQD), o ramo da física que tem por objetivo analisar as interações entre quarks e glúons, que são os principais constituintes da matéria. A CQD apresenta uma álgebra muito complexa, o que torna seu estudo analítico muito difícil. Neste contexto, tornou-se usual considerar teorias mais simples na tentativa de reproduzir características fundamentais da CQD, em especial na escala de baixas energias (ROCHA, 2015).

Em 1974, David Gross e André Neveu propõem um modelo de interações quárticas fermiônicas não massivo e não renormalizável em dimensões espaço-tempo maior que 2, o qual se tornou um “toy model” da CQD, isto é um modelo teórico o qual permite estudos de alguns aspectos fundamentais da teoria. Em baixas energias o modelo possui características dinâmicas análogas a CQD, como a quebra espontânea de simetria quiral e a liberdade assintótica (GROSS, NEVEU, 1974).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão teórica das principais características do modelo de Gross-Neveu em duas dimensões e sua aplicação na física da matéria condensada, em especial no estudo do poliacetileno.

NOTAÇÃO

No trabalho será utilizado o sistema de unidades naturais (SUN), no qual considera-se que a velocidade da luz e a constante de Planck são grandezas adimensionais ($c=\hbar=1$). Com a adoção do SUN, chega-se à conclusão que $L=T=M^{-1}$, sendo L, T e M as dimensões de espaço, tempo e massa, respectivamente. Os cálculos são realizados no espaço de Minkowski cuja métrica é a matriz diagonal $g_{\mu\nu} = (-1,1)$ (NETO, 2017).

O MODELO

O modelo de Gross-Neveu descreve N campos fermiônicos interagindo de maneira quártica em cada ponto, com a densidade de lagrangiana expressa pela equação (1) (GROSS, NEVEU, 1974)

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\partial_{\mu}\gamma^{\mu} - m)\psi + \frac{g}{2}(\bar{\psi}\psi)^2 \quad (1)$$

sendo g a constante de acoplamento, γ^{μ} as matrizes de Dirac, ∂_{μ} o quadri-vetor derivada e m a massa do campo. Os termos ψ e $\bar{\psi}$ representam, respectivamente, um campo de matéria (um elétron, por exemplo) e antimatéria (um pósitron) (PESKIN, SCHROEDER, 1996).

O primeiro termo da equação (1) representa a densidade de lagrangiana de Dirac, a qual representa a propagação livre dos campos. O segundo descreve a interação dos campos envolvidos e carrega implicitamente a matriz identidade (KAKU, 1993).

O modelo possui constante de acoplamento g com dimensão

igual a $[M]^{2-D}$. Logo, para $D=2$ o modelo é renormalizável, uma vez que a constante de acoplamento será adimensional. Para valores de $D>2$ a teoria sempre será não renormalizável, pois a constante de acoplamento terá dimensão negativa (SCHWARTZ, 2014).

Da equação (1) pode-se obter o propagador e vértice da teoria, que são dados, respectivamente, pelas equações (2) e (3) (GOMES, 2015; RYDER, 1996).

$$S(p) = i(p_\mu \gamma^\mu - m)^{-1}, \quad (2)$$

$$ig/2. \quad (3)$$

Graficamente, o propagador e o vértice são apresentados na Figura 1.

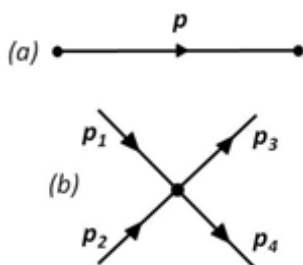


Figura 1. (a) Propagador e (b) Vértice.

SIMETRIAS E CARACTERÍSTICAS

O modelo de Gross-Neveu apresenta a invariância de Poincaré, assim como as simetrias discretas de paridade ($\mathcal{P}$) e de reversão temporal ($\mathcal{T}$) (ROCHA, 2015).

De acordo com Neto (2017) a simetria de paridade significa que o modelo é invariante para transformações de inversões espaciais, ao passo que a simetria temporal nos revela que o modelo é invariante para à

inversão temporal.

Partindo de um estado inicial sem massa representado pela densidade de lagrangiana da equação (4) (GROSS, NEVEU, 1974).

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\partial_\mu \gamma^\mu)\psi + \frac{g}{2}(\bar{\psi}\psi)^2 \quad (4)$$

Temos que o modelo apresenta uma geração espontânea de massa, o que quebra sua simetria quiral. Sendo esta uma particularidade do modelo de Gross-Neveu, pois diferente dos modelos apresentados na época este processo ocorre sem o uso do mecanismo de Higgs, já que não é possível que partículas de goldstone (bosóns) se formem em duas dimensões espaço-temporais (BAHIA, 2011).

Quando falamos de quebra de simetria significa dizer que a partir de certo valor crítico de massa o estado inicial do modelo seja alterado se tornando infinitamente degenerado (OLIVEIRA, 2007).

O procedimento de geração espontânea de massa e quebra de simetria é descrito pelo método de expansão $1/N$, sendo a maneira inicialmente proposta para descrever o modelo. Este método consiste em redefinir a constante de acoplamento em função de um termo $1/N$, no qual N é o número de campos (também chamado de índice de sabor). Então fazendo uma expansão dos termos, de modo que ao levar em consideração os infinitos campos presentes no modelo ($N \rightarrow \infty$) sobram apenas termos de ordem mais baixas os quais realmente carregam as informações relevantes

do modelo (GROSS, NEVEU, 1974; DOSSOW, 2016).

Outra característica bastante atrativa do modelo de Gross-Neveu é a liberdade assintótica, sendo que o modelo foi criado no intuito de possuir a mesma, a qual significa que para momentos muito altos e comprimentos muito pequenos a constante de acoplamento irá diminuir fazendo com o mesmo possua uma boa aproximação dos resultados por métodos perturbativos. No entanto, devido aos altos valores de momento a teoria sofrerá com divergências ultravioletas (UV) sendo necessário o auxílio de alguma técnica de renormalização para se extrair os dados físicos do modelo (GONZÁLES, 2010).

APLICAÇÕES

Recentemente descobriu-se que o polímero poliacetileno tem propriedades de condução elétrica semelhantes a metais como a prata por exemplo, esta descoberta gerou grande interesse pois além de ter um processo de produção mais simples e barato ainda permite a construção de sistemas eletrônicos extremamente pequenos. Como a estrutura fina do poliacetileno está presente praticamente em uma dimensão espacial, podemos considerá-lo um material bidimensional. Em vista disso o modelo de Gross-Neveu tem sido fundamental para os estudos sobre esse material (OLIVEIRA, 2007).

Além de podermos obter os valores de energia pelo método perturbativo, devido à quebra de

simetria, também é possível a obtenção da massa das partículas envolvidas em valores mensuráveis. No entanto, convém fazer esses procedimentos assim como a obtenção das integrais, usando preferencialmente a regularização dimensional para isolar as divergências, a uma temperatura zero (T_0) previamente definida uma vez que a altas temperaturas as simetrias do modelo são restauradas (GONZÁLES, 2010).

Para uma revisão sobre o estudo da regularização dimensional veja Nascimento et. al (2020, no prelo).

Como demonstrado por Gross, Politzer e Wilczek em 1973 os quarks e glúons são assintoticamente livres e tais partículas possuem spin semi-inteiro, além de possuírem a invariância por paridade ($\mathcal{P}$). A partir dessas características é possível perceber que o modelo de Gross-Neveu vem sendo amplamente utilizado para descrever as interações fortes entre quarks e glúons (BETHKE, 2007; NETO, 2017; ROCHA, 2015).

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado uma revisão teórica das principais características e simetrias do modelo de Gross-Neveu. Em especial a liberdade assintótica, característica essencial da CDQ, e a quebra espontânea da simetria quiral, observada a partir da geração de massa para férmions não massivos.

Destaca-se que em duas dimensões espaço-temporais, a teoria

é renormalizável, o que torna possível sua análise perturbativa. O modelo admite a expansão $1/N$, método não perturbativo, geralmente utilizado no âmbito da QCD, além disto o mesmo tem uma crescente aplicação na física da matéria condensada, sendo esta uma das áreas no qual o modelo vem se destacando, principalmente devido ao interesse da geração de condutores com o uso do poliacetileno.

Para um melhor entendimento sobre o campo de atuação da física da matéria condensada recomendamos a leitura de Pereira, Almeida e Garcia (2019, no prelo).

Por fim enfatizamos que neste trabalho abordamos apenas um modelo de quatro férmions, o modelo de Gross-Neveu. Para um estudo mais geral sobre modelos de quatro férmions veja Nascimento, Nascimento e Cunha (2020, no prelo).

REFERÊNCIAS

- BAHIA, Carlos André da Silva. **As Funções dos Grupo de Renormalização no Modelo mais Geral com Interações Quárticas Fermiônicas com Simetria $U(N)$ em $(1+1)D$** . Universidade Federal do Pará, 2011.
- BETHKE, S. **Experimental tests of asymptotic freedom**. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, Volume 58, Issue 2, Pages 351-386, 2007.
- DOSSOW, Ricardo Andrés Martinez von. **O modelo de Gross-Neveu em um ponto de Lifshitz**. Universidade da Paraíba, 2016.
- GOMES, Marcelo Otávio Caminha. **Teoria Quântica dos Campos**. 2ª Edição. Editora da Universidade de São Paulo. 2015.
- GONZÁLES, Juan Santiago Cortéz. **Operadores Compostos Locais e Gap de Massa do modelo de Gross-Neveu**. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2010.
- GROSS, David and NEVEU, André. **Dynamical Symmetry Breaking in Asymptotically Free Field Theories**. PRD 10, 10 (1974).
- KAKU, M. **Quantum Field Theory: A Modern Introduction**. Oxford University Press. 1993.
- NASCIMENTO, Leonardo Oliveira; MORAES JR, Alcemiro Paes de; DIAS, Gustavo Augusto Nogueira; COSTA, Marcos Adriano Barros. **Métodos de Regularização Aplicados a Teoria do Campo Escalar**. *Revista Engrenagem* N°19 (2020). No prelo.
- NASCIMENTO, Leonardo Oliveira do; NASCIMENTO, Leandro Oliveira do; CUNHA, William Santos. **Interações de Quatro Férmions**. *Revista Engrenagem* N°20 (2020). No prelo.
- NETO, João Barcelos. **Teoria de**

Campos e a Natureza - Parte Quântica. 1ª Edição. Livraria da Física. São Paulo. 2017.

PEREIRA, D. P.; ALMEIDA, L. M; GARCIA, R. S. S.; **Transições de Fase em Alta Temperatura do Cristal de KDP:Ni: uma abordagem teórica.** Revista Engrenagem. Nº 17, Ano IX, junho/2019. ISSN: 2236-4757. No prelo.

PESKIN, M. E. and SCHROEDER, D. V. **An Introduction to Quantum Field Theory.** Addison Wesley Publishing Company. 1996.

OLIVEIRA, Fernando Jesus. **O modelo de Gross-Neveu como uma teoria efetiva para o poliacetileno: efeitos a densidade finita.** Universidade Federal de São João del Rei, 2007.

ROCHA, Paulo Magalhães Marciano da. **Modelo de Gross-Neveu e Simetrias: Soluções Analíticas e Dinâmica de Campos Térmicos.** Universidade de Brasília, 2015.

RYDER, Lewis H. **Quantum Field Theory.** Second Edition. Cambridge University Press. New York. 1996.

SCHWARTZ, Matthew D. **Quantum Field Theory and Standard Model.** Second Edition. Cambridge University Press. New York. 2014.

Experimentos de Física com materiais alternativos aplicados no projeto MUNDIAR

Physics experiments with alternative materials applied to the MUNDIAR Project

Marcos Adriano Barros da Costa

Licenciado em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém* na turma de 2016. **Endereço:** Rua da Liberdade, n.17, Bengui, Belém-PA, 66630-065. **E-mail:** costa-marcos@outlook.com.

Matheus da Silva e Silva

Licenciado em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém* na turma de 2016.

Clivian Flavia Rodrigues Lobo Alves

Licenciada em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém* na turma de 2016.

Daniel Palheta Pereira

Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém*, Grupo de Pesquisa em Materiais – IFPA (GRUPMATE-IFPA). Doutor em Física da Matéria Condensada – UFPB. Pós-Doutor em Sistemas Magnéticos Nano-estruturados – CBPF.

RESUMO

Discentes do Curso de Licenciatura em Física do primeiro semestre do Instituto Federal do Pará Campus Belém realizaram o projeto de extensão intitulado Inserção de Metodologias envolvendo materiais alternativos para experimentos de física do ensino médio na E.E.E.F.M. “Geny Gabriel do Amaral”, no qual elaboraram experimentos de Física para ajudar alunos do projeto de aceleração de aprendizagem “Mundiar” a compreender as aulas de Física do Telecurso 2000. Essa metodologia contribuiu, fortemente, para o aprendizado dos alunos do projeto, no que refere a disciplina Física.

Palavras-Chave: Projeto Mundiar. Experimentos de Física. Materiais Alternativos.

ABSTRACT

Students of the first semester of degree in physics of Federal Institute of Pará campus Belém carried out the extension project entitled Insertion of Methodologies involving alternative materials for high school physics experiments at E.E.E.F.M. “Geny Gabriel do Amaral”, in which they devised physics experiments to help students of the “Mundiar” learning acceleration project to understand the physics classes of Telecurso 2000. This Methodology strongly contributed to students' learning, in physics, of Mundiar project.

keywords: Mundiar project. Physics experiments. Alternative Materials.

INTRODUÇÃO

O Estado brasileiro tenta combater um problema que se encontra arraigado em nossa cultura escolar: a defasagem do ensino. No ano de 1997, o Ministério da Educação procurou corrigir a distorção do fluxo escolar, principalmente, por meio de políticas públicas que tentam amenizar a deficiência da idade-série (MENEZES; SANTOS, 2001). A defasagem escolar se caracteriza quando o estudante no início de cada ano não tem os anos de estudos necessários para sua idade. Os principais motivos para ocorrência deste fenômeno são: evasão, repetência escolar ou entrada tardia na escola (RIBEIRO; CACCIMALI, 2012).

A aceleração da aprendizagem é uma estratégia pedagógica para ajudar nessa correção e recuperar o tempo perdido.

O PROJETO MUNDIAR

Esse projeto alcança os sistemas públicos de ensino municipal e estadual, por meio de convênios, para a reprodução do material didático e capacitação dos professores, para que possam trabalhar com as chamadas teleducação e o Telecurso 2000, combatendo o fracasso escolar e o abandono da escola, bem como proporcionando condições para superar as dificuldades que surgiram durante o processo de ensino-aprendizagem “regular”.

O projeto se deparou com alguns problemas regionais, por não

ter conseguido alcançar os números de cidades e escolas previstas pelo planejamento da Secretaria de Estado de Educação (SEDUC-PA), impossibilitando a implantação em algumas regiões do Estado do Pará, no que tange a defasagem idade-série.

Segundo dados do plano do plano estadual de educação do Pará (PEE), no ano de 2013, os índices de distorção idade-série em nosso estado eram o pior do Brasil, onde no início dos anos finais do ensino fundamental chegou a 43,4%, enquanto no ensino médio chegou em 52,8%. Situações como essas levaram à implantação de políticas públicas de aceleração da Aprendizagem (PARÁ, 2015).

Para minimizar os problemas daquele ano, o projeto “Mundiar” da Secretaria de Educação do Estado do Pará, em parceria com a Fundação Roberto Marinho firmada em 2014, cria a possibilidade de conclusão do ensino médio em 18 meses e o ensino fundamental em 24 meses. Assim, reduzindo o número de jovens que têm formação básica incompleta, diminuindo a defasagem do ensino e corrigindo o fluxo escolar (MESQUITA, 2018).

De acordo com o trabalho de Silva (2016), nas reuniões realizadas na sede da SEDUC-PA em Belém, os coordenadores apresentaram nomes como: Projeto pororoca; Projeto Pará e Projeto Pará – Mundiar, até definirem por “Mundiar”, que é um termo típico da Região Amazônica, o qual significa: encantar, enfeitiçar, entorpecer.

A implementação ocorreu no ano

de 2014, começando no mês de abril, com o início da execução previsto para agosto do mesmo ano, tanto no ensino fundamental, quanto no ensino médio.

Os índices educacionais do Estado do Pará são alarmantes, onde segundo dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica de 2017, o aprendizado foi de 3,58, sendo a nota final de 2,8, ou seja, muito abaixo da meta estabelecida de 4,0. Em relação ao fluxo escolar, ficou com 0,79. Entretanto, o que esse índice de fluxo quer dizer? Significa que, a cada 100 alunos 21 não são aprovados em suas séries, ou seja, alto índice de retenção escolar.

De acordo com dados do INEP (2016), o censo escolar da educação básica de 2016, o Brasil se encontrava com 186.1 mil escolas de educação básica, onde, 69,9% das escolas que oferecem os anos finais, desse nível de ensino, se encontravam na zona urbana. Laboratórios de informática, são um recurso disponível em 67,8% dessas escolas. Já, os laboratórios de ciências estavam presentes em apenas 25,2% delas, ou seja, impossibilitando os alunos de verificarem na prática os fenômenos naturais.

LOCALIZAÇÃO DA ESCOLA NA QUAL FOI DESENVOLVIDO O PROJETO

A Escola Estadual de Ensino Fundamental Geny Gabriel do Amaral, local onde ocorreu o projeto de pesquisa/ extensão por parte dos discentes e docente de Licenciatura em Física do IFPA-Campus Belém, está localizada

na ilha Caratateua, também conhecida, popularmente, como ilha de Outeiro, de origem indígena com o significado de pequenos morros. De acordo com ver-Belém (2017), essa ilha faz parte de um arquipélago composto por 26 ilhas situadas ao centro-leste, no oeste e ao sul do município de Belém. Distante cerca de 25 km do centro de Belém, a Ilha de Caratateua, está ligada ao Distrito de Icoaraci, por meio de uma ponte, Governador Enéias Pinheiro, construída em meados dos anos 80. Com a inauguração da referida ponte, foi intensificada a ocupação desordenada de pessoas, com especulação imobiliária e loteamento clandestino, acarretando assim um aumento da violência em locais de difícil acesso.

Fatores externos e internos como criminalidade, trabalho prematuro, gravídes não planejada e prematura, reprovação, falta de motivação e déficit de atenção, são alguns dos principais motivos para o aumento da evasão dos alunos nos anos finais do ensino fundamental (6º ao 9º ano), bem como no ensino médio. A escola fornece assistência básica aos alunos nos anos iniciais até o ensino médio, porém, laboratórios de ciências e informática, que são fundamentais para o aprendizado e interesse dos estudantes, tanto do ensino fundamental, quanto do ensino médio, não são proporcionados pela escola.

FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Ensinar Física no ensino médio, pode ser uma tarefa árdua para o

professor, principalmente, quando se torna visível o resultado do trabalho. O projeto Mundiar é uma estratégia ousada do Governo do Estado do Pará para melhorar seus índices escolares. De forma geral, cabe apenas a um profissional ensinar as disciplinas presentes no currículo escolar caracterizando a unidocência. Devido a essa característica do projeto Mundiar, o profissional responsável por uma turma pode ou não ter os conhecimentos mínimos para ensinar um determinado conteúdo. No entanto, como o professor tem apenas características de mediador, ou seja, aquele que facilita a aprendizagem para que o estudante possa adquirir o conhecimento, a unidocência é válida. Entretanto, não foi o constatado no contato inicial pelo docente de Física, responsável pela turma em que o projeto de pesquisa/extensão foi aplicado. A professora mediadora era Licenciada em Biologia, o que levava os estudantes do projeto Mundiar de ensino médio terem relativa dificuldade. Devido a isso, o grupo composto pelo professor orientador e discentes do projeto de pesquisa/extensão, decidiu montar experimentos, utilizando materiais alternativos, para aplicar em sala de aula. A ideia era que, a partir dos experimentos em sala, o aluno pudesse compreender os assuntos abordados nas teleaulas do Telecurso 2000.

O TELECURSO 2000

A primeira etapa dessa proposta ocorreu em dezembro de 1993, entre a Fundação Roberto Marinho e a

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, com o objetivo de colocar em prática o Telecurso 2000. Segundo a autora Florêncio (2003), e seu trabalho destaca que a criação de um comitê diretor, formado por um representante de ambas as instituições envolvidas dando origem a um primeiro documento com o título de Telecurso de formação Básica para o Mundo do Trabalho. Traçando linhas gerais para o Telecurso 2000.

Segundo Carvalho (1999), o projeto Telecurso 2000 era um projeto de educação voltado para o trabalho. O “sistema S” juntamente com a Fundação Roberto Marinho assumiram a posição de liderança pela construção do país para o próximo milênio, participando ativamente das ofertas educacionais sociais, visando proporcionar o desenvolvimento técnico e humano. Desta forma, possibilitando a milhares de cidadãos, o exercício do direito à educação, profissionalização e ascensão socioeconômica.

Estudos realizados pela Fundação Carlos Chagas em novembro de 1996, na cidade de São Paulo, mostraram que em sua maioria os participantes do curso eram homens entre vinte e quarenta anos com vínculo empregatício no setor industrial, vindos de escola pública que a abandonaram há mais de quinze anos geralmente por motivos financeiros.

O importante de abrir essa discussão foi refletir sobre a situação local em que a escola EEEF Geny Gabriel do Amaral da rede pública de ensino, pois o maior percentual de

alunos que fizeram parte do projeto Mundiari evadiram-se devido a fatores externos, dentre eles a questão financeira, o que revela uma situação socioeconômica recorrente no país.

Dos objetivos propostos pelo Telecurso 2000 no projeto Mundiari, podemos destacar um que é tornar os conteúdos mais acessíveis ao público-alvo, e se considerarmos as jornadas exaustivas de trabalho, esses alunos têm dificuldades para acompanhar as aulas presenciais e podem utilizar essas videoaulas disponíveis que contam com situações relacionadas ao dia a dia.

É nesse cenário, com respeito à disciplina Física, que entra em ação, o projeto de pesquisa/extensão intitulado “Inserção de metodologias envolvendo materiais alternativos para experimentos de Física do ensino médio na EEEFM ‘Geny Gabriel do Amaral’”, com a participação de docente e discentes de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Pará (IFPA) – Campus Belém. Como o objetivo do projeto na escola foi voltado para a disciplina de Física levamos em conta que o ensino de Física no ensino médio deve possuir um aspecto lógico-conceitual bem definido, contemplado um conjunto único de habilidades básicas que irá permear o curso na sua totalidade. As habilidades básicas identificar fontes de informação entre elas saber distinguir senso comum da ciência.

Por meio de interpretação de informações e dados fornecidos. A utilização de experimentos como

inovação das aulas, no caso da Física, possui seus pontos negativos, como, por exemplo, a dificuldade da utilização dos equipamentos por parte do professor, bem como a falta de manutenção dos equipamentos, além da falta de laboratórios que leva essa metodologia ser, praticamente, extinta de nossas escolas públicas de ensino básico.

Por outro lado, utilizar experimentos, levam as aulas a se tornarem mais “atraentes” fazendo com que o aluno participe mais ativamente, bem como em perceber de onde vem a sistematização matemática necessária para expressar os resultados físicos. Ao contrário, nas aulas de Física, puramente, teóricas, abordam-se falas já mecanizadas que acabam se tornando barreiras didáticas no aprendizado do aluno.

Portanto, a utilização de experimentos, de baixo custo, ajuda na quebra das chamadas “aulas entediosas”, onde o interesse é mínimo por parte dos estudantes.

Recentemente, tem sido grande o investimento em pesquisa de novos materiais, os quais são sintetizados em laboratórios e que possuem grande aplicação na área tecnológica, inclusive em experimentos em Física (PEREIRA; ALMEIDA; GARCIA, 2019)

Dito isso, neste artigo, procurou-se evidenciar a importância dos experimentos de Física, utilizando materiais alternativos de baixo custo, no aprendizado dos estudantes do Mundiari ensino médio da EEEF “Geny Gabriel do Amaral”.

REVISÃO TEÓRICA

PROJETO MUNDIAR

O Projeto Mundial tem como objetivo melhorar os índices estaduais de educação, especificamente, no Estado do Pará, em relação à defasagem de idade-série, acelerando o aprendizado no ensino médio em dezoito meses, tendo um profissional responsável por turma em caráter unidocente. A metodologia empregada é a teleaula da Fundação Roberto Marinho. Algumas dessas teleaulas foram gravadas na década de noventa e permanecem até hoje sem atualização e algumas contam com erros graves (SILVA, 2016).

IMPORTÂNCIA DE PROJETOS QUE ACELERAM O APRENDIZADO

A partir da década de 1990, foi notório o desenvolvimento de programas que acelerassem a aprendizagem. Pois a defasagem escolar gera tanto prejuízos econômicos, quanto sociais para o estado. O maior e mais preocupante é o prejuízo social (MORGENSTERN, 2016).

Percebe-se que políticas públicas têm sido implantadas para a correção do fluxo escolar, promovendo assim uma melhora em relação a defasagem da idade-série. Elas se destacam como solução para o fracasso escolar, melhorando os índices educacionais do país devido suas contribuições por meio de indicadores (FRITSCH, 2014).

O projeto Mundial do Governo

do estado do Pará se enquadra nessa perspectiva, pelo fato de proporcionar a certificação do ensino médio em dezoito meses.

Programas de aceleração da aprendizagem têm como ação principal, reintegrar alunos excluídos no processo regular de escolarização, permitindo assim, que eles sejam incluídos novamente nas escolas, mas, tendo a necessidade de uma mudança na escola, como diversidade, valores e práticas pedagógicas. Segundo Souza (1999), a escola deve reconhecer esses alunos e suas características e aceitá-los. Somente assim, eles serão incluídos no processo educativo. Outra questão que envolve a aceleração da aprendizagem, são as habilidades que os estudantes participantes do processo desenvolvem, de tal forma que, cabe aos profissionais envolvidos nesses projetos de aceleração uma percepção a mais, no tocante a heterogeneidade das turmas, pois muitos desses estudantes ficaram afastados da escola por um longo período. Portanto, torna-se necessário que o profissional envolvido possa se adaptar a essa realidade, evitando que as taxas de reprovação sejam elevadas (FRITSCH, 2014).

No ano de 2018, iniciou-se uma nova fase da Formação Continuada dos professores Unidocentes dos Ensinos Fundamental e Médio do Mundial - programa que atua na correção da distorção idade/série escolar desde 2014. Essa nova etapa, segundo Aguiar (2018), abrangeu cerca de 100 professores, supervisores

e coordenadores tanto de forma presencial, quanto por web conferência. No geral, com a implantação do MundiAR, foi registrada uma queda na distorção idade-série, visto que, no ano de 2017 o Ensino Fundamental paraense registrou uma taxa de distorção de 30,5%, enquanto, em 2010 essa taxa era de 40%. Portanto, em sete anos, a distorção idade-série diminui quase 10%.

EXPERIMENTOS NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalhos como o de (SANTOS; PIASSI; FERREIRA, 2004), concordam que o ensino de ciências abrange algumas falhas e deficiências como a formação de professores e a subutilização das infraestruturas da escola, as quais deveriam estar voltadas para o uso das atividades experimentais. Em seu trabalho, Santos; Piassi e Ferreira (2004), observa que os professores ainda, em sua grande parte, apresentam suas aulas através de fórmulas, definições e exercícios padronizados. Dessa forma, não estimulam o estudante a pensar de forma crítica, o que acaba dificultando a aprendizagem de conceitos e, conseqüentemente, contribuindo para o desinteresse desse sujeito pelo conhecimento científico.

O uso de materiais de baixo custo na elaboração de experimentos em sala de aula se tornaram uma ferramenta bem sucedida para os professores ministrarem aulas de Física, visto que a experimentação de forma simples,

faz com que o aluno tenha condições de manipular e controlar o experimento, facilitando aprendizagem pelo fato de estar ativo no processo. Isso desperta o interesse e aguça a curiosidade do aluno em aprender mais sobre o assunto.

É importante levar em conta que, a utilização de experimentos proporciona, mas não garante o envolvimento de todos nas atividades. Por isso, o professor tem papel fundamental nessa metodologia. Ele deve sempre procurar meios para “atrair” a atenção dos alunos e os envolver no processo.

As aulas práticas podem ser utilizadas para realizar ilustrações ou explicar Leis Físicas, levando os alunos a refletirem sobre fenômenos físicos (OLIVEIRA; SILVA, 2017). Somado a isso, quando a elaboração dos experimentos leva em conta a realidade dos alunos, o aproveitamento dessas práticas nas aulas, se torna ainda maior. Experimentos quando bem trabalhados, possuem caráter motivacional, encantando, chamando a atenção, despertando a curiosidade deles, trabalhando diretamente no sentido cognitivo, ou seja, os alunos ficam “mundiados”.

A utilização de experimentos tem sido relevante para a educação. Em Física, o relato de professores e alunos revelam os benefícios que essa metodologia proporciona, minimizando as dificuldades de aprendizagem (ARAÚJO; ABIB, 2003).

METODOLOGIA

Nossa metodologia foi dividida em duas etapas, sendo primeira subdividida, em analisar as teleaulas do Telecurso 2000 e o Livro didático de Física e escolher, previamente, os experimentos que mais se aproximavam das aulas de Física do Telecurso 2000, bem como a possibilidade de utilizar materiais alternativos na construção deles.

A segunda etapa foi a realização dos experimentos em sala de aula. Nessa etapa, os três discentes do Curso de Licenciatura em Física, tiveram como tarefa inicial o levantamento de experimentos, os quais foram divididos em: mecânica, termodinâmica, eletricidade e eletromagnetismo. Procurando sempre aplicações que tivessem relevância e significado para os alunos do Mundiar. Ainda nessa etapa, foi observado grau de interesse dos estudantes do Mundiar ensino médio, bem como os resultados quantitativos, referentes à avaliação deles.

RESULTADOS E ANÁLISES

SOBRE O PROJETO MUNDIAR NA EEEF GENY GABRIEL DO AMARAL

Ficou evidenciada a falta de infraestrutura para o desenvolvimento do projeto de pesquisa/extensão do IFPA – Campus Belém, pois a coordenação da escola disponibilizou a sala de aula, assim como os livros de física do Telecurso 2000 para todos os alunos. Tornou-se necessário a

utilização dos equipamentos do próprio IFPA – Campus Belém que eram levados e trazidos no mesmo dia.

A turma do Mundiar ensino médio da EEEF Geny Gabriel do Amaral, em 2016, era composta de alunos e alunas, vinte cinco no total, de diferentes idades e realidades, mães e pais de família, domésticas, cobradores de transportes alternativos, ajudantes de pedreiros, entre outros.

Após o término da execução do projeto de pesquisa/extensão “Inserção de metodologias envolvendo materiais alternativos para experimentos de Física do ensino médio na EEEFM ‘Geny Gabriel do Amaral’ os resultados foram, extremamente, surpreendentes.

Qualitativamente, os estudantes se tornaram ativos no processo, participando, diretamente, dos experimentos elaborados, a partir de materiais alternativos e de baixo custo.

Quantitativamente, entre os estudantes que finalizaram, apenas dezoito dos vinte e cinco iniciais, tiveram uma média de notas igual a 8,5 (oito e meio), resultando na aprovação de todos aqueles que finalizaram a disciplina.

Ressalta-se que o motivo de desistência dos sete estudantes não teve nada a ver com a disciplina Física e sim com situações pessoais de cada um, o que é muito comum naquela comunidade.

SOBRE OS EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

O docente de Física responsável

pela execução do projeto auxiliou os discentes nos experimentos, assim como na explicação prévia para eles.

Durante a execução das aulas de Física, o docente e os discentes bolsistas tiveram a preocupação em analisar quais experimentos seriam realizados, pois eles teriam que ser feitos com materiais simples ou descartáveis, além de estar de acordo com o conteúdo ministrado em sala e de fácil entendimento por parte dos estudantes. Ao final de cada apresentação e explicação os experimentos eram repassados em fileiras nas carteiras, ou, então, os alunos se dirigiam até o local dos experimentos. Ou seja, mesmo com a falta de laboratórios, foi possível realizar os experimentos na própria sala de aula ou no pátio da escola.

IMPORTÂNCIA DESSA AÇÃO METODOLÓGICA PARA OS DISCENTES PARTICIPANTES.

A dificuldade na formação de professores ainda é uma realidade. Na academia as aulas são, extremamente, conteudistas principalmente nos cursos de exatas e naturais. Em resumo, é uma formação incompleta.

Em termos de Licenciatura em Física, metodologias envolvendo materiais alternativos tem contribuído para diminuir essa incompletude.

A execução do projeto de pesquisa-extensão por parte dos discentes do Curso de Licenciatura em Física do IFPA – Campus Belém estágio contribuiu de forma considerável para

a formação profissional deles, visto que eles estavam, ainda, no primeiro semestre do curso, ou seja, quatro semestres antes do obrigatório.

Portanto, esta experiência, foi de fundamental importância para formação deles, vendo que não precisam de laboratórios específicos para garantir aulas interessantes para seus alunos.

Entretanto, a realidade, segundo Santos; Piassi e Ferreira (2004), é que a ciência continua sendo apresentada, na maior parte das vezes, apenas através de fórmulas, definições e exercícios padronizados.

Por isso, torna-se necessário a busca de metodologias que possam mudar essa história. Essa foi a justificativa principal do projeto de pesquisa/extensão “Inserção de metodologias envolvendo materiais alternativos para experimentos de Física do ensino médio na EEEFM ‘Geny Gabriel do Amaral’”, pois com a execução deste trabalho, foram aplicados experimentos de Física de baixo custo, o que resultou numa experiência exitosa para os discentes de Física participantes do projeto, alcançando excelentes rendimentos por parte dos alunos atendidos.

CONCLUSÃO

No ano de 2016, foi executado por docente e discentes do Curso de Licenciatura em Física do IFPA – Campus Belém o projeto de pesquisa/extensão intitulado “Inserção de metodologias envolvendo materiais alternativos para experimentos de

Física do ensino médio na EEEFM 'Geny Gabriel do Amaral'.

Os alunos atendidos faziam parte de uma política pública implantada pelo Governo do Estado Pará, que visava diminuir distorção idade-série dos alunos da educação básica. Esta política ficou conhecida como Projeto Mundiar.

Ao final da execução do projeto, os alunos do Mundiar ensino médio da referida escola, no que refere à disciplina Física, alcançaram níveis elevados de abstração matemática e interesse pelo conhecimento científico, visto que todos que finalizaram a disciplina, aprovados com média de notas de 8,5.

Para os discentes participantes (bolsistas), a experiência foi de suma importância, pois os mesmos tiveram contato com realidades, extremamente, desprovidas de qualquer infraestrutura para realização de aulas práticas. Entretanto, com a utilização de materiais alternativos de baixo custo foi possível levar para dentro da sala de aula experimentos de Física que motivaram os alunos atendidos a gostar da disciplina, bem como manifestar interesse pelo fazer científico.

Ressalta-se que essa experiência se tornou um marco para conquistas futuras por parte desses discentes, hoje professores de Física

REFERÊNCIAS

AGUIAR, K.; Seduc assume processo de formação dos professores do Mundiar. **Rede Pará**. 14 jun. 2018. Disponível em: <<https://redepara.com.br/Noticia/168928/seduc-assume-processo-de-formacao-dos-professores-do-mundiar>> Acesso em: 11 set. 2019.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S.; Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.176-194, 2003.

CARVALHO, C. DO P. F. DE.; **A educação cidadã na visão empresarial o Telecurso 2000**. Campinas, SP. Ed. Autores Associados, 1999.

FLORENCIO, A. R. R.; **Projeto Telecurso 2000 e a qualificação do “novo” trabalhador**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Educação, Universidade estadual de Campinas. São Paulo. 2003.

FRITSCH, Rosângela (Org.) et al. Defasagem idade-série em escolas estaduais de ensino médio do RS. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, vol.95, n.239. 2014.

INEP. Censo Escolar da Educação Básica 2016, **Notas Estatísticas**. Brasília, fevereiro de 2016. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MENEZES, E. T. DE; SANTOS, T. H. DOS.; **Verbetes aceleração de aprendizagem. Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Educabrazil.** São Paulo: Midiamix, 2001.

MESQUITA, N. M. C.; **A implantação do projeto de aceleração da aprendizagem “mundiar” como componente do “pacto pela educação do Pará”.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Ciências da Educação, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

MORGENSTERN, J. M. **Práticas de correção e aprendizagem: produção de subjetividades na contemporaneidade.** Tese (doutorado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Educação, 2016.

OLIVEIRA I. A. DE.; SILVA E. P. DA.; **Projeto Mundiari: Formar Números ou Sujeitos?** XXII Semana Acadêmica do CCSE/UEPA. “O que será o amanhã: escola, universidade e cidadania”. Belém, PA. 2017.

PARÁ. Secretaria de Estado de Educação. Plano de Educação do Estado do Pará. Belém, 2015.

PEREIRA, D. P.; ALMEIDA, L. M; GARCIA, R. S. S.; Transições de Fase em Alta Temperatura do Cristal de KDP:Ni: uma abordagem teórica. **Revista Engrenagem.** Nº 17, Ano IX,

junho/2019. ISSN: 2236-4757. No prelo.

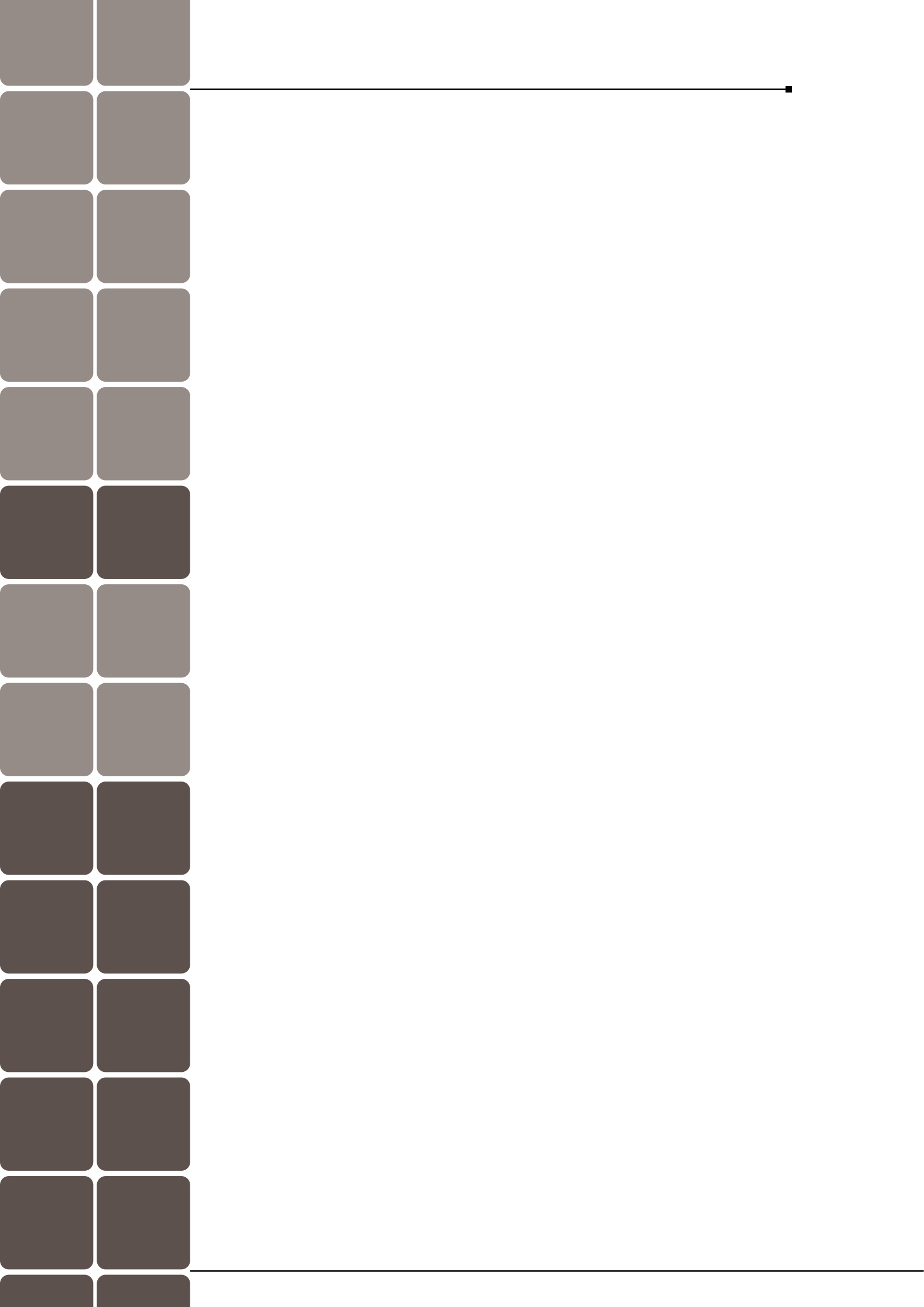
RIBEIRO, R; CACCIAMALI, M. C.; **Defasagem Idade-Série a partir de distintas perspectivas teóricas. Revista de Economia Política,** vol. 32, nº 3 (128), pp. 497-512, jul./set., 2012.

SANTOS, E. I; PIASSI, L. P.; FERREIRA, N. C. **Atividades Experimentais de Baixo Custo como Estratégia de Construção da Autonomia de Professores de Física: Uma Experiência em Formação Continuada.** In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, 2004.

SILVA, A. R. T. **“Aceleração” ao “Mundiari”: Experiências, panoramas e perspectivas do Ensino de História no Pará à luz de políticas públicas no Ensino Fundamental e Médio no último decênio.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA PÚBLICA, 2, 2014, Niterói (RJ). Anais... Niterói (RJ): Letra e Voz, p. 26-31.2016.

SOUSA, C. P. DE.; **Limites e possibilidades dos programas de aceleração de aprendizagem.** Caderno de pesquisa n.108, pp.81-99. São Paulo 1999.

VER-BELÉM *Caratateua.* 2017. Disponível em: <<http://www.belem.pa.gov.br/ver-belem/detalhe.php?p=190&i=1>> Acesso em: 26 ago. 2017.



Avaliação de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de Física no ensino médio: revisão de literatura

Avaliation of low-cost experiments on Physics learning in high school: literature review

Hardiney dos Santos Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Doutor em Física-UFSM. **Endereço:** Travessa Humaitá, 967, Torre 1, Apto. 1605. CEP.: 66083-340. **E-mail:** hardiney.martins@ifpa.edu.br.

Paulo Diógenes de Souza Kanasiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Graduado em Física-IFPA.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a análise de artigos publicados em periódicos brasileiros, os quais possuem como escopo o ensino de Física, de trabalhos sobre experimentos de baixo custo voltados ao ensino médio. A metodologia empregada foi a revisão integrativa de literatura com abordagem quantitativa. Foram selecionados artigos publicados entre janeiro de 2009 a dezembro de 2018, publicados em língua portuguesa e com Qualis Capes A (Quadriênio 2013-2016). Como mecanismo de busca utilizaram-se palavras-chave (Experimento ou experiência, Ensino e Física), refinadas pela leitura do título e resumo. Os resultados obtidos demonstram uma concentração das publicações nas regiões Sul e Sudeste (81%), com abordagem de verificação (49%), sobre Física Clássica (85%) e sem o uso de Tecnologia de Informação e Comunicação (67%). A concentração e o tempo de existência de pós-graduações na área de Ensino de Ciências, o uso de roteiros, a facilidade de execução das experiências e a falta de acesso as tecnologias de informação podem ser as explicações para estas concentrações, respectivamente.

Palavras-chave: Ensino de Física. Experimentos. Baixo-custo. Abordagem dos Experimentos. Tecnologia de Informação e Comunicação.

ABSTRACT

This work aim to analyze articles published in Brazilian journals, which have as their scope teaching of Physics, research on low cost experiments with focus at high school. The methodology used was an integrative literature review with a quantitative approach. Articles published between January 2009 and December 2018, published in Portuguese and with Qualis Capes A (Quadrennial 2013-2016) were selected. We use the keyword methodology search (Experiment or experience, Teaching and Physics), refined by reading the title and abstract. The results demonstrate a concentration of publications in the South and Southeast (81%), with verification approach (49%), Classical Physics (85%) and without the use of Information and Communication Technology (67%). The concentration and existence time of postgraduate in the area of Science Education, the use of laboratory script, the facility of carrying out experiments and the lack of access to information technologies can be used as explanations for these results, respectively.

Keywords: Teaching Physics. Experiments. Low Cost. Experiment Approach. Information and Communication Technology.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, a falta de interesse por parte dos alunos do ensino médio em relação aos conteúdos da disciplina de Física ocorre por diversos fatores. O principal deles é a preocupação por parte dos docentes em somente cumprir os conteúdos da respectiva série. A falta de contextualização dos conteúdos ministrados, afasta os discentes da obtenção do conhecimento físico e desconecta as experiências da sala de aula com a realidade vivida pelo aluno (DUARTE, 2012).

É importante que o conhecimento seja ministrado de forma a aproximar o aluno dos fenômenos observados. Assim, tornando a aula agradável e estimulando o desenvolvimento da capacidade de observação e reflexão dos estudantes.

Nesse sentido, as atividades experimentais contribuem na construção desta habilidade no aluno. Permitindo ao mesmo incorporar elementos da realidade ao conhecimento formal. A experimentação é um dos métodos didáticos implementado, por pesquisadores e professores, como metodologia para tornar as aulas mais atrativas e eficientes. Apesar de muitas escolas não disporem de laboratórios equipados e adequados, muitos docentes têm apostado na implementação de laboratórios de baixo custo. Estes laboratórios utilizam materiais simples e de fácil acesso, no qual, os experimentos são desenvolvidos na própria sala de aula.

Segundo Duarte (2012):

Os experimentos de baixo custo representam uma alternativa à ausência de laboratórios equipados nas escolas, além de serem uma forma de aproximar o aluno da ciência através de materiais de fácil obtenção e disponíveis no seu cotidiano. É comum a esses estudantes a ideia de que a ciência é puramente abstrata e desvinculada da realidade, pois se baseiam nas situações, quase sempre ideais, que surgem nos problemas de Física (DUARTE, 2012, p. 525).

A participação na montagem, no desenvolvimento e na análise de dados, proporciona uma interação eficaz, diferente de qualquer outro método teórico conhecido. Outro aspecto é abandonar os roteiros tradicionais de laboratório. Os roteiros em diversas situações se assemelham a “receitas de bolo”, não oferecendo uma situação potencialmente agradável e propícia para a aprendizagem (HAAG; ARAUJO; VEIT, 2005).

O livro didático e os artigos acadêmicos são as principais fontes de dados para a elaboração de experimentos de baixo custo em sala de aula. Roteiros prontos, para serem desenvolvidos somente pelos alunos, são muito comuns nos livros brasileiros. Juntamente com os roteiros, as experiências presentes em livros didáticos são acompanhadas por figuras ou esquemas que ajudem na compreensão da atividade (BARROS; LANGHI, 2016).

O nível de dificuldade na montagem, o acesso aos materiais necessários e a complexidade da análise dos dados podem impedir a sua utilização por parte dos professores e alunos. É necessário

que haja uma preocupação por parte de pesquisadores a essas dificuldades e também no direcionamento dos experimentos. Estes fatores devem ser levados em consideração para que haja interação completa do aluno, visando uma melhor compreensão e tornando as atividades de laboratório uma realidade mais acessível e eficaz aos alunos.

Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho visa proporcionar um estudo consistente de estudos publicados em um período de 10 anos relativo ao uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física. Além de proporcionar um panorama sobre a utilização das experiências de baixo custo no processo de ensino-aprendizagem no Brasil. Através disso, possibilitando uma reflexão e sensibilização do objeto de estudo em questão, além de destacar a sua importância no processo de ensino-aprendizagem.

USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O uso de experimentos em sala de aula passou por diversas fases de transformação durante a história do ensino das ciências no Brasil, partindo de moldes tradicionais, até mais recentemente aos moldes cognitivistas-construtivistas.

A tendência de currículos tradicionalistas ou racionalistas, que tiveram forte influência no ensino, de modo geral, no período que antecedia a II Guerra Mundial, prevalecem no Brasil

nas diversas instituições e métodos de ensino (KRASILCHIK, 2000). Com o objetivo de transmitir informações, os experimentos eram montados e demonstrados pelo professor (*demonstração*), sem qualquer interação do aluno com o fenômeno (ROSA; ROSA, 2005).

Embora as atividades de demonstração sejam fechadas, é importante que o professor proporcione variação nas discussões, a fim de que os alunos possam refletir sobre os fenômenos observados, formular hipóteses e fazer conclusões através do uso do pensamento crítico, compartilhando suas ideias com o grupo (OLIVEIRA, 2010).

Após a década de 1950, com a inserção dos kits nas escolas, elaborados por acadêmicos americanos e brasileiros, o aluno era incentivado a participar da montagem dos materiais, dando origem aos experimentos de verificação de conceitos (*verificação*), a fim de testar e ilustrar teorias físicas (ROSA; ROSA, 2005).

Tal modalidade de atividade experimental possui uma fácil montagem, requerendo pouco tempo de preparo, sendo mais indicado para alunos que tenham pouca familiaridade com a realização de aulas experimentais. Os estudantes podem também aprender técnicas e manusear equipamentos, pois estão diretamente inseridos na montagem e preparo. Para o professor, é uma modalidade que tem a supervisão e avaliação facilitadas, pois apresenta uma maior probabilidade de acerto, devido a facilidade de montagem

proporcionada por roteiros previamente definidos (OLIVEIRA, 2010).

Na década de 1960, chegam ao território nacional teorias cognitivistas que consideravam que o conhecimento se dá através da interação do sujeito com o meio, com ênfase aos processos mentais dos estudantes. Porém, foi somente no início da década de 1980 que essas teorias começaram a influenciar com mais eficiência o ensino das ciências.

O pensamento cognitivista-construtivista tinha como objetivo o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes, através da dúvida e da resolução de problemas. Nesse molde, os experimentos passaram a ter um caráter investigativo (*investigação*), levando os estudantes a terem um contato maior com os materiais, valorizando a aprendizagem através da descoberta. O professor deixaria de ser um transmissor de informações para a ser um orientador no processo de ensino-aprendizagem (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2012).

Atividades experimentais de investigação requerem um preparo e desenvolvimento maior, uma vez que exigem etapas a serem seguidas pelos estudantes, desde a análise do problema, levantamento de hipóteses, montagem, desenvolvimento, coleta e discussão dos resultados.

O papel do professor é fundamental na orientação e motivação na busca por respostas aos resultados obtidos. Diferente de outras modalidades, as conclusões

são obtidas pelos estudantes através da vivência com o experimento e o professor só intervém em situações que envolvam indecisão, falta de consenso ou clareza. Por esses motivos, apesar de fundamental, a atenção do professor é mais exigida e deve estar preparado para saber direcionar os resultados, que não são totalmente previsíveis (OLIVEIRA, 2010).

Araújo e Abib (2003) ressaltam que independente do direcionamento do experimento, demonstração, verificação ou de investigação, se conduzidos de forma adequada, podem possibilitar um ambiente motivador, agradável, estimulante e favorável ao aprendizado, além de incentivar a participação dos alunos e despertar o interesse, sem desprezar o conhecimento prévio de cada estudante.

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO: UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

No final da década de 1960, com a criação da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), sediada na USP, já se produzia guias didáticos e kits de laboratório de baixo custo, além de treinamento e capacitação de professores para usá-los. Além disso, buscava-se levar os estudantes a descobrirem como funciona a ciência e desenvolver o senso crítico (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2012).

Axe Moreira (1991) evidenciavam a falta de materiais necessários para

desenvolver uma aula experimental de qualidade. Mas, ressaltam que o professor não pode deixar de fazê-las por esse motivo. É necessário que os mesmos utilizem materiais de baixo custo para confecção das experiências, utilizando a criatividade e com o auxílio dos alunos para que se possa amenizar essa carência.

A utilização de materiais de baixo custo em experimentos de Física, com a perspectiva de reaproveitamento, mesmo que não intencionalmente, colabora para uma conscientização ambiental, vendo potenciais materiais de laboratório em objetos que seriam jogados no lixo, tais como latinhas, embalagens, dentre outros (COELHO *et al.*, 2000; LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007).

As atividades experimentais, são uma maneira de aproximar o aluno da Física, fazendo com que o conhecimento que está sendo adquirido seja muito mais claro e próximo da realidade dele.

Segundo Kaptisa apud Santos, Piasi e Ferreira (2004):

Para que um estudante compreenda um experimento, ele próprio deverá executá-lo, mas ele entenderá muito melhor se, além de realizar o experimento, ele construir os instrumentos para sua experimentação (KAPTISA, 1985, p. 248 apud SANTOS; PIASI; FERREIRA, 2004, p. 8).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão integrativa de literatura, método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados e estudo

significativos na prática (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

A revisão integrativa permite uma compreensão mais ampla e completa do tema de interesse, permitindo generalizações precisas, combinação de dados de literatura teórica e prática, contribuindo para discussões de futuros estudos. Pode ser direcionada para a revisão de teorias, definição de conceitos, ou ainda, para a análise metodológica de um estudo em particular (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Apesar da dificuldade de análise devido a multiplicidade de estudos inclusos e com diferentes direcionamentos, a revisão integrativa tem potencial de aumentar a profundidade e abrangência das conclusões, principalmente no que tange ao ensino de Física no ensino médio e suas práticas em sala de aula voltadas a uso de experimentos de baixo custo. A grande variedade de amostras dá precisão para conclusões de como o tema do presente trabalho tem sido abordado no território nacional.

Para o levantamento de trabalhos foram selecionadas pesquisas publicadas com as seguintes características: artigos publicados em português, disponibilizados nas bases de dados da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF).

A escolha de tais periódicos baseou-se nas seguintes características: escopo voltado para o ensino de Física, publicações em língua portuguesa (esta restrição é

voltada para a facilidade de acesso de professores da educação básica), extrato de qualificação da CAPES, na área de Ensino, para periódicos com Qualis A1 e A2 (quadriênio 2013-2016).

A sistemática de busca compreendia três etapas:

1ª etapa: Busca nos portais dos respectivos periódicos com a utilização de palavras-chave/descriptores e suas combinações somente na língua portuguesa (Física, Experimento ou Experiência e Ensino). Os trabalhos deveriam pertencer ao período entre janeiro de 2009 a dezembro de 2018.

2ª etapa: Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos trabalhos foram: texto original em língua portuguesa e texto completo disponível.

3ª etapa: Leitura do título e resumo buscando concordância com a temática proposta.

Ao realizar a busca, inicialmente foram listados 61 artigos na RBEF e 159 artigos no CBEF. Com a aplicação da etapa 3, foram excluídos os artigos que não se enquadravam na categoria de experimentos de baixo-custo, foco de estudo do trabalho. Vale ressaltar que a palavra experiência tem sentido ambíguo, pois pode retratar experimentos físicos ou relatos de experiência por parte de professores ou alunos. Por isso, ainda na etapa 3, fez-se necessário a utilização de um refinamento dos artigos encontrados.

Apartir dos trabalhos que tiveram os descritores identificados, que se tratavam de uma revisão bibliográfica e que não desenvolveram o experimento com os alunos, também foram

excluídos. Também foram excluídos artigos que abordavam experimentos que não condizem com o objeto de estudo: ensino médio.

Após estas filtrações obteve-se um conjunto de 75 artigos para a construção do presente trabalho.

Os artigos foram analisados e classificados de acordo com os seguintes quesitos: a região brasileira, na qual o estudo foi realizado, ano de publicação, área do conhecimento Físico, uso de tecnologias de informação e qual abordagem utilizada para o experimento proposto (demonstração, verificação ou investigação). Desta maneira, apresenta-se a análise das informações em tabelas e gráficos com respectivos percentuais, para os parâmetros indicados acima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL E TEMPORAL DAS PUBLICAÇÕES

Inicialmente analisou-se a distribuição espacial (por região) e temporal. Na Tabela 1 procurou-se verificar a região que mais contribuiu com artigos sobre experimentos de baixo-custo nas duas revistas já anteriormente citadas, além da quantidade de trabalhos publicados nos anos em estudo. Pode-se observar que a maior participação é proveniente da região Sudeste do país, com 48% de todos os trabalhos, seguida pela região Sul com 33%.

Percebe-se uma baixa participação das demais regiões do

país, dando destaque à região Norte, que durante os dez anos analisados não colaborou na produção de trabalhos

nas duas revistas em questão, sobre experimentos de baixo custo no ensino de Física.

Tabela 1. Distribuição por Região e Ano das publicações sobre Experiências de Baixo Custo no Ensino de Física.

Região/ Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total Região	%
Centro-Oeste	0	1	0	1	1	0	3	0	0	0	6	8
Nordeste	0	0	0	3	1	0	0	3	1	0	8	11
Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sudeste	1	2	1	10	5	3	3	7	3	1	36	48
Sul	2	2	0	4	4	2	3	4	4	0	25	33
Total	3	5	1	18	11	5	9	14	8	1	75	100

Com base nos dados obtidos, pode-se notar uma grande desigualdade regional, que de acordo com Proença e Nenevé (2004) se dá por fatores históricos, devido à distinção entre regiões quanto ao tipo de investimentos.

A região norte do país, durante muitos anos, foi conhecida pela exploração de recursos naturais, como a extração da borracha no Pará, que só teve fim na década de 1960. Já a região Sudeste, em especial o estado de São Paulo, desde os primórdios, concentrou os grandes investimentos nacionais, tornando esse estado o mais importante polo de crescimento econômico do país (SCHWARTZMAN, 2006).

Para entender melhor esta diferença, analisamos as datas de fundação das universidades e cursos de pós-graduação em ensino de Ciências. Assim, fica ainda mais claro a possível causa da desigualdade regional. Comparando-se a data de fundação das universidades das regiões Sudeste

e Norte, como exemplo: Universidade de São Paulo/USP, fundada em 1934 e Universidade Federal do Pará/UFPA, fundada em 1957.

As universidades da região Sudeste são consideradas centro de referência para o ensino e a pesquisa nacionais, sendo equipadas com recursos tecnológicos mais avançados do que na região Amazônica. Nesta região, os recursos educacionais para educação superior são escassos e há poucos profissionais qualificados. Além disso, as universidades dessa região do país contam ainda com recursos limitados, insuficientes para atender à demanda por vagas e às necessidades da pesquisa e do ensino na educação superior (PROENÇA; NENEVÉ, 2004).

O outro fator importante a ser destacado é a pequena oferta de cursos de pós-graduação oferecidos na região Norte em relação à região Sudeste. Estes possuem um papel importante e promissor na pesquisa e produção de material científico

(SANTOS; AZEVEDO, 2009). Para discutirmos melhor essa questão temos a Tabela 2 que descreve a quantidade

de programas ativos de pós-graduação em Ensino e Ensino de Ciências e Matemática no Brasil.

Tabela 2. Programas ativos de pós-graduação em Ensino e Ensino de Ciências e Matemática no Brasil

Região/ Curso	Mestrado	Doutorado	Total Região	%
Centro-Oeste	22	5	27	10,2
Nordeste	46	5	51	19,2
Norte	24	4	28	10,6
Sudeste	73	16	89	33,6
Sul	52	18	70	26,4
Total	217	48	265	100

Os dados para a elaboração da tabela 2 foram obtidos através da plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no ano de 2019, que é vinculada ao Ministério da Educação. A região Sudeste detém 33,6% de todos os programas de pós-graduação do país, enquanto a região Norte fica com apenas 10,6%.

É importante notar, que as regiões Sudeste e Sul totalizam 60% de todas as ofertas de pós-graduação do país, o que justifica uma maior participação na produção de artigos acadêmicos.

Utilizando a mesma plataforma foi possível verificar a relação entre a quantidade de artigos publicados e a criação de cursos de pós-graduação nas regiões brasileiras (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de programas de pós-graduação de acordo com a data de criação

Região/ Criação	Antes de 2012	2012 a 2019	Total Região	Crescimento %
Centro-Oeste	7	20	27	186
Nordeste	14	37	51	164
Norte	4	24	28	600
Sudeste	33	56	89	70
Sul	26	44	70	69
Total	84	181	265	

Ao analisar a Tabela 1, percebe-se que para todas as regiões, com exceção da região Norte, houve um aumento significativo na quantidade de artigos publicados no ano de 2012. Na Tabela 3, é possível notar que a quantidade de cursos de pós-

graduação a partir de 2012 aumentou consideravelmente.

A associação desses dois dados se torna inevitável, visto que há um evidente crescimento de publicações a partir do ano de 2012, que coincide com o aumento na quantidade de ofertas de

curso de pós-graduação no mesmo período.

Cirani, Campanario e Silva (2015) afirmam que as desigualdades regionais influenciam diretamente na produção científica e nas perspectivas de crescimento regional, pois quanto mais curso de pós-graduação, maior será a produção de conhecimento e seu efeito no desenvolvimento local.

ÁREA DA FÍSICA

Na Figura 1, observam-se os valores obtidos para a distribuição dos assuntos abordados pelas experiências nos artigos utilizados na presente pesquisa. Pode-se notar uma grande frequência de trabalhos nas áreas de Mecânica (23%) Óptica (22%) e

Eletromagnetismo (18%), que juntos contabilizam 63% de todos os artigos avaliados.

Em sua revisão bibliográfica Araújo e Abib (2003) identificam a predominância de conteúdos de Mecânica nos experimentos, no ensino de Física, e questionam essa preferência. Segundo os autores este fato já ocorre desde o passado e mesmo com o surgimento da mecânica quântica, os estudos voltados à mecânica newtoniana ainda predominam nas publicações no ensino de Física de um modo geral.

Além disso, os conteúdos de Mecânica e Eletricidade são considerados por muitos professores como prioritários.

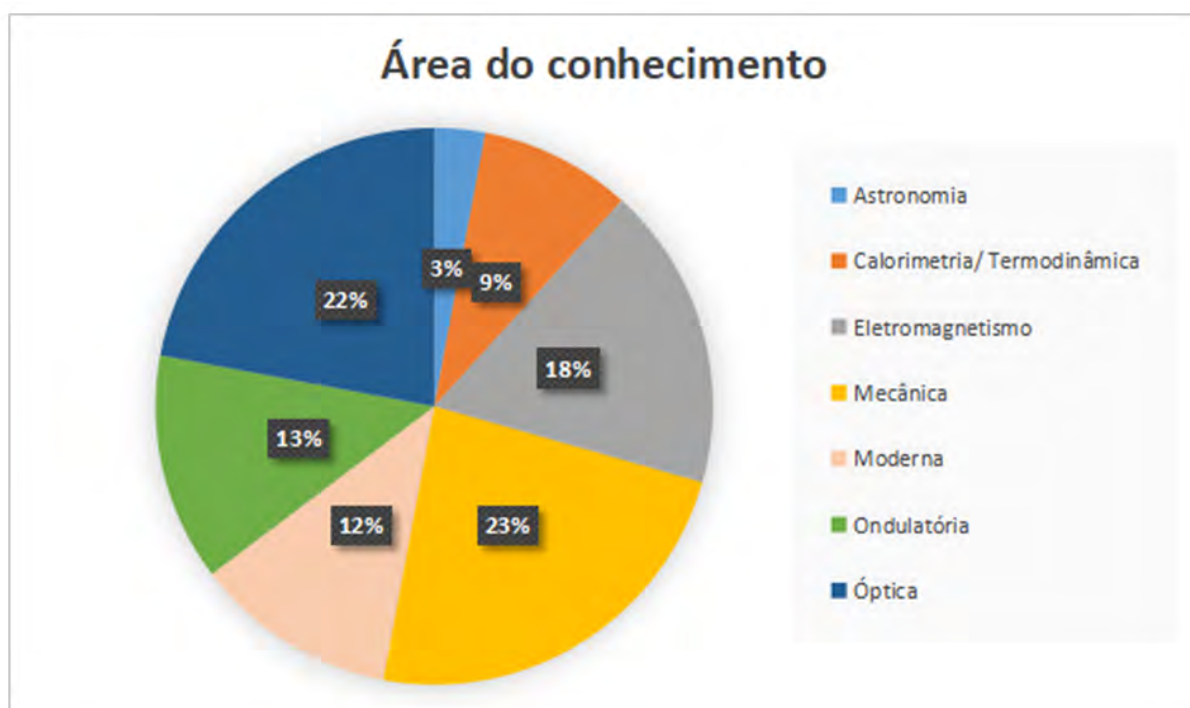


Figura 1. Distribuição por área da Física dos experimentos.

Com relação à baixa quantidade de experimentos de Física Moderna,

podemos atribuir a uma necessidade de atualização no currículo de Física do

ensino médio, no qual esses conceitos estão diretamente relacionados com o cotidiano dos alunos (TERRAZAN, 1992).

Ostermann, Prado e Ricci (2006) ressaltam que alguns experimentos de Física Quântica necessitam de um aparato experimental que só é encontrado em laboratórios modernos e como alternativa, sugerem ferramentas computacionais, como softwares com experimentos virtuais.

Monteiro, Nardi e Bastos-Filho (2009) destacam que houve pouco entusiasmo por parte dos professores entrevistados para com os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Ainda resalta que é imprescindível que sejam discutidas novas perspectivas para a formação de professores de Física, quando se trata desses conteúdos.

USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

A utilização de instrumentos eletrônicos, computadores e softwares na elaboração de experimentos em sala de aula foram notados em uma parcela considerável dos artigos analisados (Figura 2). O uso dessas tecnologias tem se tornado uma importante ferramenta de auxílio no ensino de Física. O intuito dessas propostas não é de substituir a prática real pela virtual, mas de usá-lo como um instrumento para colaborar na coleta de dados e análise. Nota-se na figura 2 que ainda predomina a não utilização de TIC's para a realização

dos trabalhos.

Como exemplo de uso das TIC's temos o programa Tracker que permite realizar a análise de vídeos quadro a quadro. Por se tratar de um software livre ligado ao projeto Open Source Physics, que desenvolve programas e códigos abertos ao ensino de Física, a intenção é minimizar os custos usando essa ferramenta para a análise e coleta de dados.

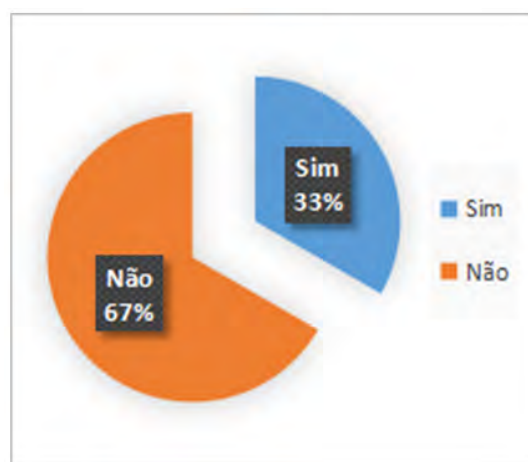


Figura 2. Distribuição entre Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação.

Jesus e Sasaki (2014) fizeram a análise de duas grandezas físicas distintas, coeficiente de atrito cinético e coeficiente de atrito de rolamento, sendo que a segunda é sistematicamente ignorada nas coleções de ensino médio.

Utilizando ainda o Tracker, o experimento que aborda o movimento parabólico e a segunda lei de Newton, resalta que o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) pode colaborar para um aprendizado mais efetivo e, aliada a utilização de experimentos de baixo custo, se tornam compatíveis a realidade educacional brasileira (BEZERRA-JUNIOR *et al.*,

2012). Os mesmos autores destacam que tal abordagem em sala de aula esbarra na falta de familiaridade dos docentes para com programação de computadores e na ausência de técnicos com essa formação nas escolas de um modo geral.

Utilizando também da vídeo-análise, o experimento proposto por Dias, Amorin e Barros (2009) utiliza dois editores livres, VirtualDub e ImageJ. O primeiro faz a decomposição do vídeo em fotogramas que são selecionados e, em seguida, são superpostos pelo segundo, para formar uma imagem estroboscópica, utilizando filmadoras acessíveis e de baixo custo. A posição dos autores quanto a essas abordagens é de que o aluno participe da construção e da análise dos dados experimentais utilizando os recursos tecnológicos que para eles, são de uso comum.

Segundo Silva e Gobara (2009), a informatização das escolas e o uso do computador é uma realidade atualmente, além de ser muito útil ao ensino. Os autores ressaltam ainda que o intuito do trabalho não é substituir equipamentos comuns como relógios e cronômetros, mas trata-se apenas de mais uma opção para realizar atividades experimentais.

Micha *et al.* (2011) ensinam como modificar uma webcam para a visualização do infravermelho, através da tela do computador, fazendo uso de poucos equipamentos. Porém, o experimento que chamou a atenção pela gama de conteúdos que pode ser abordado, é o que utiliza uma placa de Arduino, *hardware open source*, de

fácil utilização que permitem a criação de dispositivos que utilizem como entrada de sensores para temperatura, luz e som, dentre outros, criando possibilidades ilimitadas.

Todos os autores citados abordaram a importância do uso de tecnologias como computador e outras ferramentas de TIC's para auxiliar os experimentos, de forma a reduzir os custos envolvidos nas montagens e auxiliar na observação e coleta de dados. Porém, os artigos deixaram a entender que as escolas de um modo geral possuem fácil acesso a esses equipamentos, realidade que diverge do Censo da Educação Básica de 2017, que foi realizado pelo Ministério da Educação (BRASIL, 2017). De acordo com os dados, somente 49,2% das unidades públicas de Educação Básica possuem computadores, sendo que o número de computadores é de um para cada 41,5 alunos no Brasil.

Quando analisamos por região a situação é mais alarmante na região Norte, que fica com o pior índice, 64,4 alunos por computador, onde somente 30,4% das escolas da rede pública contam com computadores disponíveis aos alunos. A região Sudeste que tem índice semelhante ao índice nacional, de 42,2 alunos por computador, possui locais como as zonas carentes do Rio de Janeiro, que somente 9% dos moradores possuem computadores em casa (SORJ; GUEDES, 2005). Os autores também ressaltam que a adaptação dos professores a esse tipo de metodologia é um processo longo que deve ser trabalhada de forma a

capacitar os docentes a utilização dos recursos tecnológicos.

Atualmente somente 2% dos professores brasileiros da rede pública urbana fazem uso do computador em sala de aula (SORJ; GUEDES, 2005) através de simulações computacionais os mesmos procedimentos realizados anteriormente, porém nesse ambiente o aluno terá a possibilidade de alterar elementos com mais facilidade, como a massa dos corpos e condições de atrito, dentre outros. Essas alterações permitem uma potencialização da sensibilidade do observador acerca do fenômeno em estudo, para que este possa entender e aplicar em outros cenários do seu cotidiano.

O uso de tecnologias de informação e comunicação deve ser facilitado, visando uma familiarização por parte dos alunos para com elas, ampliando assim as possibilidades e alternativas no uso das mesmas em experimentos, otimizando discussões e resultados, sem esquecer na capacitação de professores para o uso desses equipamentos em sala de aula para que possam servir de um instrumento auxiliar no processo de ensino-aprendizagem (MARINHO *et al.*, 2016).

DIRECIONAMENTO/ABORDAGEM

Na Figura 3, utilizando-se dos critérios de Araújo e Abib (2003), procurou-se verificar o grau de direcionamento dos experimentos em estudo, diferenciando-os em três classes: *Demonstração*, *Verificação*

e *Investigação*. Analisou-se também se essas práticas se assemelham aos moldes tradicionais de ensino ou estão baseadas em métodos típicos de uma abordagem construtivista.

A respeito das atividades de Demonstração, que representam 31% dos artigos analisados, têm como característica ilustrar fenômenos físicos, tornando a sua visualização mais real e motivadora e, ao mesmo tempo, torna o aprendizado mais interessante, agradável e fácil. O professor possui um papel mais ativo no desenvolvimento do experimento, tendo o aluno como um expectador, ou até mesmo, um agente pouco participativo.

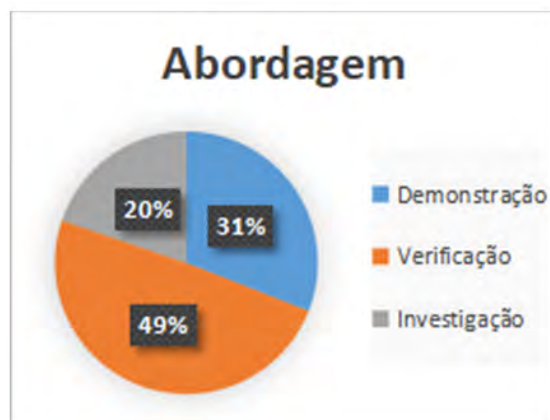


Figura 3. Distribuição dos Tipos de Direcionamentos das Experiências.

Alguns exemplos mais significativos e interessantes de experimentos de observação serão fornecidos a seguir. Iniciando com um destaque para o trabalho desenvolvidos por Silva *et al.* (2013b), que demonstraram uma preocupação especial para o desenvolvimento de experimentos para ambientes planejados de educação informal.

Utilizando materiais de baixo custo, os autores desenvolveram a criação de pêndulos (SILVA *et al.*, 2013a), motores elétricos (SILVA; LABURÚ, 2013) e até demonstrações de fenômenos ópticos através de espelhos e lentes (SILVA *et al.*, 2013b).

Os dois únicos trabalhos de astronomia se enquadram nos experimentos de observação, onde os alunos podem interagir na montagem de um espectroscópio (BARROS; LANGHI, 2016) e também com o objetivo de incentivar o ensino de Astronomia, mesmo em aulas diurnas e de forma acessível a qualquer escola, foi apresentado um material lúdico-manipulativo e de baixo custo, que simula a configuração das constelações de modo a torná-las familiar para os alunos, que depois teriam a oportunidade de reconhecê-las no firmamento (MUNHOZ; STEINBARANA; LEME 2012).

Os experimentos de verificação representaram 49% de todos os artigos analisados. Um número expressivo que demonstra uma maior contribuição para essa modalidade, visto que são experimentos onde o aluno participa da montagem e segue um roteiro previamente determinado, a fim de verificar e testar conceitos físicos, sob a orientação do professor.

Selecionando alguns experimentos de verificação, é possível destacar o uso de um recipiente plástico e algumas bolinhas de gude para a verificação do conceito de entropia, contido na segunda lei da Termodinâmica (MONTEIRO; BASTOS-FILHO, 2009). No estudo do calor, Rosa

et al. (2016) propõe a montagem de um aparato simples, utilizando uma lâmpada, uma lata de azeite, uma barra metálica de cobre e outra de alumínio, além de termômetros. O aluno pode verificar o fluxo de calor da lâmpada para as barras metálicas e comparar quais delas é a melhor condutora de calor.

Uma versão moderna do experimento de Hertz foi proposta por Eberhardt, Giovannini e Catelli (2012), utilizando materiais de fácil acesso e com um roteiro bem detalhado, é possível detectar pulsos eletromagnéticos de maneira bem simples e objetiva. Em outro experimento, com um aparato de baixo custo, foi proposto quatro estudos: estudo das formas de onda produzidas por um gerador trifásico, a relação de tensão induzida e a frequência do rotor, a medida da potência máxima do gerador e a observação e verificação de princípios da lei de Faraday (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013).

Podem-se destacar também dois experimentos de Física moderna: o primeiro faz uso de um controle remoto e um microcontrolador arduino para verificar conceitos físicos no funcionamento do dispositivo (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013) e o segundo propõe práticas experimentais para a detecção de radiação utilizando materiais de fácil acesso (BOFF; BASTOS; MELQUIADES, 2017).

As atividades experimentais de investigação, por sua vez, proporcionam uma maior interação do aluno em todas as etapas, desde a interpretação, até a interpretação do problema

(OLIVEIRA, 2010). Essa modalidade de experimento contou somente com 20% dos periódicos analisados, motivo que pode ser atribuído por Borges (2002), ao fato de demandar mais tempo, mais atenção e auxílio por parte do professor.

Dentre os experimentos que se destacaram, o estudo da Força de Lorentz chama a atenção, pois através de um software que foi disponibilizado aos alunos, possibilita conjecturas e hipóteses desenvolvidas por eles, a fim de compreender os conceitos físicos envolvidos nessa simulação computacional (SOUSA; MALHEIROS; FIGUEIREDO, 2015).

Utilizando o mesmo princípio Ribeiro (2014) propõe indagações através do som emitido por batidas na lateral de uma mola e utiliza um desenho de Gervasio Troche para inflamar a discussão sobre sombras, associado a óptica geométrica. E Chaib e Aguiar (2016) abrem um debate sobre a força de inércia ao observar três experimentos.

Uma característica desse tipo de experimento é não possuir um roteiro fechado, possibilitando que o aluno intervenha e modifique-o ao longo das etapas (OLIVEIRA, 2010). O professor não propõe uma solução imediata, atuando somente como um orientador, incentivando e questionando as decisões dos alunos. Apesar de ter um roteiro de perguntas, o experimento realizado para a discussão de conceitos de Física moderna, deixa a criatividade e o senso crítico do aluno deliberar respostas e procedimentos (SANTANA; SANTOS, 2017).

CONCLUSÃO

Utilizou-se da metodologia de revisão integrativa de literatura para analisar artigos publicados em periódicos nacionais. Esta metodologia proporcionou uma organização sistemática das informações contidas nos trabalhos selecionados para estudo. Além disso, possibilitou a construção de um panorama sobre a temática de experimentos de baixo custo no Brasil.

Após a organização e análise dos artigos, foi possível notar alguns fatores comuns e importantes a serem destacados. O primeiro deles foi a regionalidade das publicações de artigos de experimentos de baixo custo no ensino de Física no ensino médio. Verificou-se uma maior concentração de artigos publicados por autores residentes em estados do Sul e Sudeste do país.

Impossível não perceber a enorme diferença para a participação dos demais estados nas produções, principalmente a ausência da participação da região Norte brasileira. Tal fator pode-se justificar pela diferença de investimentos em educação nas regiões, devido a fatores histórico-econômicos, além da diferença na quantidade de cursos de pós-graduação em áreas afins, nas regiões em questão, que coincidiu com uma maior concentração desses cursos no Sul e Sudeste.

Não menos importante, também se verificou um aumento de produções a partir do ano de 2012 em todas as regiões, que coincide com a abertura

de novos cursos de pós-graduação em vários estados, com exceção da região Norte, que foi registrado aumento de cursos, mas não de publicações.

Outro fator comum aos artigos foi com relação a área da Física, na qual, os experimentos se concentraram. Foi possível notar muitos artigos focados em mecânica, eletromagnetismo e óptica, áreas pertencentes a Física Clássica. Em contraponto, percebeu-se uma pequena parcela de publicações na área de Física Moderna, o que pode ser justificado pela necessidade de reformulação do currículo de Física no ensino médio, que tem maior foco na Física Clássica.

O uso de TIC's nos experimentos foi identificado na minoria dos trabalhos. Apesar de ser um grande aliado dos experimentos de baixo custo, pode se tornar difícil de ser reproduzido nas escolas brasileiras. Isto sendo consequência direta do pouco acesso a computadores e outros recursos eletrônicos. Importante ressaltar que em algumas regiões, a quantidade de equipamentos como computadores é abaixo da média nacional, impossibilitando uma aula experimental para uma turma regular de alunos.

Percebeu-se uma maior concentração de experimentos com direcionamento em verificação. Tal fato pode ser explicado pela facilidade de execução e preparo dessa modalidade de experimento, que exige um roteiro pré-determinado, sem muitas surpresas no desenvolvimento e com fácil montagem.

Portanto, conclui-se que a

maioria dos experimentos de baixo custo são concentrados em áreas de Física Clássica, sem a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação e com abordagem de verificação. Por fim, espera-se que o presente trabalho estimule mais pesquisas, especialmente na região Norte, sobre a utilização desta metodologia de ensino de Física para o ensino médio.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.176-194, jun. 2003.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 13, p.93-103, dez. 1991.

BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p.1026-1046, dez. 2016.

BEZERRA-JUNIOR, A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei

de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, p.469-490, out. 2012.

BOFF, C. A.; BASTOS, R. O.; MELQUIADES, F. L. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p.236-247, maio 2017.

BORGES, A. T. NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. MEC. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep). Sinopse Estatística da Educação Superior 2017. [Online]. Brasília: Inep, 2017. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>. Acesso em: outubro de 2019.

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p.554-565, out. 2013.

CHAIB, J. P. M. C.; AGUIAR, M. C. Força de inércia: aprofundando o debate. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 142-161, abr. 2016.

CIRANI, C. B. S.; CAMPANARIO, M. A. SILVA, H. H. M. A evolução do ensino da pós-graduação senso estrito no Brasil: análise exploratória e proposições para pesquisa. **Avaliação**, Campinas, vol.20, n.1, pp.163-187, jan. 2015.

COELHO, S. M.; KOHL, E.; DI BERNADO, S.; WIEHE, L. C. N. Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p.122-149, ago. 2000.

DIAS, M. A.; AMORIM, H. S.; BARROS, S.S. Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p.492-513, 10 nov. 2009.

DUARTE, S. E. Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, p.525-542, 8 out. 2012.

EBERHARDT, D.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. Faça você mesmo: produção e detecção de pulsos eletromagnéticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p.1175-1187, dez. 2012.

HAAG, R.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados de laboratório didático de física? **Física na Escola**, [s.l.], v. 6, p.69-74, jan. 2005.

JESUS, V. I. B; SASAKI, D. G. G. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 36, n. 3, p.3503-3503, ago. 2014.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.85-93, mar. 2000.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.305-320, 2007.

MARINHO, F.O.M.; LIMA, R. J. S.; PELERANO, S. G. C.; SANTOS, E. P. A utilização da Interface Gráfica WxMaxima no Ensino de Física Básica. **Engrenagem**, Belém, v.12, p.39-51, 2016.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. (2008). **Texto &**

Contexto Enfermagem, [s.l.], v. 17, n.4, p.758-764, 2008.

MICHA, D. N.; PENELLO, G. M.; KAWABATA, R. M. S.; CAMAROTTI, T. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo: experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.1501-1501, mar. 2011.

MONTEIRO, M. M.; NARDI, R.; BASTOS-FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p.557-580, out. 2009.

MUNHOZ, D. P.; STEIN-BARANA, A. C. M.; LEME, C. S. Localizando pedacinhos do céu: constelações em caixas de suco. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p.130-144, maio 2012.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. *Revista Histedbr On-line*, [s.l.], v. 10, n. 39, p.225-249, ago. 2012.

OLIVEIRA, J. R. Contribuições e abordagens das atividades

experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p.139-153, jun. 2010.

OSTERMANN, F. PRADO, S. D.; RICCI, T. Desenvolvimento de um software para o ensino de fundamentos da física quântica: Um software para ensinar mecânica quântica. **Física na Escola**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.22-25, 2006.

PROENÇA, M.; NENEVÉ, M. Descentralizando a educação e diminuindo disparidades regionais: uma experiência brasileira bem-sucedida em pós-graduação. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, São Paulo, v. 1, p.86-100, jul. 2004.

RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p.385-399, mar. 2014.

ROSA, C. W.; ROSA, A.B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, Passo Fundo, v. 4, n. 1, p.1-18, 2005.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B.; TRENTIN, M. A.; GIACOMELLI, A. C. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p.292-305, 25 abr. 2016.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 2, p.555-589, ago. 2017.

SANTOS, A. L. F.; AZEVEDO, J. M. L. A pós-graduação no Brasil, a pesquisa em educação e os estudos sobre a política educacional: os contornos da constituição de um campo acadêmico. **Revista Brasileira de Educação**, [s.l.], v. 14, n. 42, p.534-605, 2009.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 9., 2004, Jaboticatubas. Anais. Jaboticatubas: {s.n.}, 2004. p. 1 - 18.

SCHWARTZMAN, S. A universidade primeira do Brasil: entre intelligentsia, padrão internacional e inclusão social. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 20, n. 56, p.161-189, abr. 2006.

SILVA, O. H. M.; ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E.; BUENO, E. A. S. Pêndulo de Wilberforce uma proposta de montagem para ambientes educativos informais e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30,

n. 2, p.409-426, ago. 2013a.

SILVA, O. H. M.; ALMEIDA, A. R.; VINICIUS, F.; ARRUDA, S. M. Convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos: um equipamento para ambientes planejados de educação informal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.427-439, abr. 2013b.

SILVA, E. W. F. M. GOBARA, S. T. SOUNDGATE: Um Dispositivo Sonoro Para Medir Períodos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, p. 379-393, 2009.

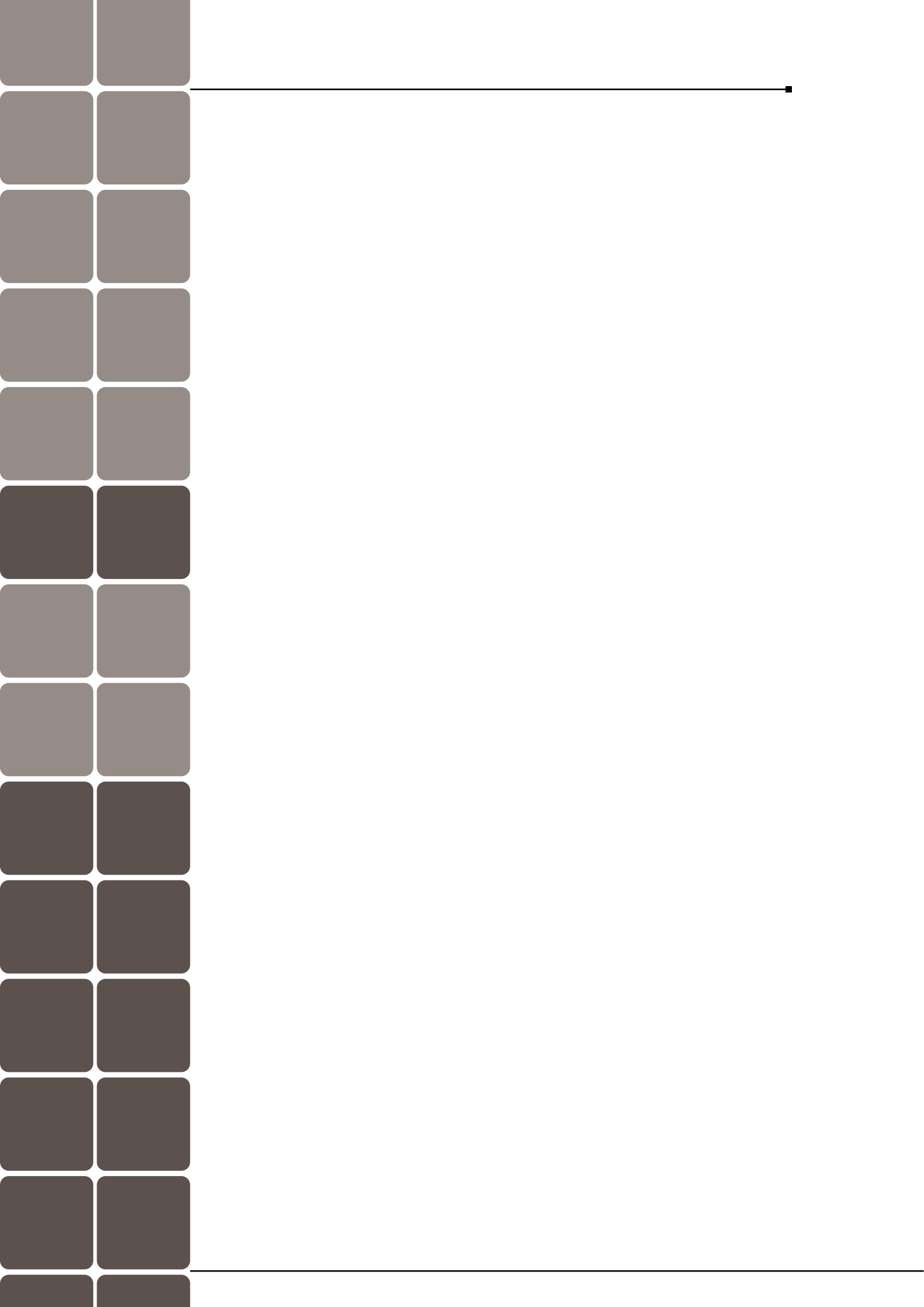
SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Uma versão compacta do motor elétrico de Faraday para demonstração em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.385-395, jun. 2013.

SORJ, B.; GUEDES, L. E. Exclusão digital: problemas conceituais, evidências empíricas e políticas públicas. *Novos Estudos - Cebrap*, [s.l.], n. 72, p.101-117, jul. 2005.

SOUSA, J. M.; MALHEIROS, A. P. S.; FIGUEIREDO, N. Desenvolvendo práticas investigativas no Ensino Médio: o uso de um Objeto de Aprendizagem no estudo da Força de Lorentz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p.988-1006, jun. 2015.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n.1, p.102-106, 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p.209-214, dez. 1992.



Núcleo de Difusão de Tecnologias: o papel da inovação e empreendedorismo no IFPA Campus Belém

Technology Diffusion Center: the role of innovation and entrepreneurship at IFPA Campus Belém

Ivo José Paes e Silva

IFPA - Campus Belém. Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. Técnico em Audiovisual. **Endereço:** Passagem Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, 302 B, Bairro Atalaia, Ananindeua, Pará, CEP.: 67013-170. **E-mail:** ivo.paes@ifpa.edu.br.

Laércio Gouvêa Gomes

Professor do IFPA - Campus Belém. Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Mecânica.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as ações que nortearam a implantação de um ambiente estruturado e institucionalizado denominado de Núcleo de Difusão, Tecnologia, Pesquisa e Inovação (NDTPI) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) - Campus Belém, as interações deste núcleo entre educação, inovação e tecnologia como parte integrante no processo ensino-aprendizagem, e os resultados dessas interações. A partir da metodologia de pesquisa-ação, iniciou-se uma prospecção para levantar elementos que pudessem embasar tanto sua ação, quanto a institucionalização, percorrendo sete etapas: sensibilização, diagnóstico, identificação, aproximação, acompanhamento, encaminhamento e difusão. Durante a pesquisa, a opção epistemológica foi a dialética; do ponto de vista de sua natureza, foi desenvolvida de forma aplicada; quanto à abordagem, foi qualitativa; do ponto de vista dos objetivos, foi exploratória. Ao final do processo, diante dos resultados alcançados, o NDTPI foi institucionalizado e aguarda sua implantação no organograma do Campus. Os docentes, discentes e técnicos que participaram do processo tornaram-se potenciais multiplicadores de uma “cultura” de inovação e empreendedorismo na instituição. Os resultados apresentados demonstram, entre outros, um maior entendimento da comunidade acadêmica do IFPA Campus Belém no universo da transferência de tecnologia, inovação, empreendedorismo e difusão dos seus produtos e processos no mercado e meio social, o que culmina com o objetivo primaz da instituição: a transformação social, através da democratização do conhecimento.

Palavras-chave: Tecnologia. Inovação. Difusão. Empreendedorismo. IFPA.

ABSTRACT

This work aims to present the actions that guided the implementation of a structured and institutionalized environment called the Center for Diffusion, Technology, Research and Innovation (NDTPI) at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pará (IFPA) Campus Belém, the interactions of this nucleus between education, innovation and technology as an integral part in the teaching-learning process, and the results of these interactions. From the action research methodology, a survey was initiated to raise elements that could support both its action and institutionalization, covering seven stages: awareness, diagnosis, identification, approximation, monitoring, referral and dissemination. During the research, the epistemological option was dialectics; from the point of view of its nature, it was developed in an applied way; as for the approach, it was qualitative; from the point of view of the objectives, it was exploratory. At the end of the process, in view of the results achieved, the NDTPI was institutionalized and awaits its implementation in the Campus organization chart. Teachers, students and technicians who participated in the process became potential multipliers of a “culture” of innovation and entrepreneurship in the institution. The results presented demonstrate, among others, a greater understanding of the academic community of the IFPA Campus Belém in the universe of technology transfer, innovation, entrepreneurship and diffusion of its products and processes in the market and social environment, which culminates with the primate objective of the institution: social transformation through the democratization of knowledge.

Keywords: Technology. Innovation. Diffusion. Entrepreneurship. IFPA.

INTRODUÇÃO

Este trabalho se construiu com base em pesquisa bibliográfica, buscando formar um referencial teórico que pôde dar suporte à argumentação construída ao longo da pesquisa.

As diretrizes foram desenvolvidas, inicialmente por Silva (2017), as quais discorrem sobre as Tecnologias Educacionais (TE's) produzidas no âmbito do IFPA *Campus* Belém pelo Núcleo de Estudos Afro-brasileiros e Diversidades (NEAB), sob a coordenação da Professora Helena do Socorro Campos da Rocha, na disciplina de Educação Étnico-raciais.

Tal estudo apresentou um número de 154 TE's produzidas no espaço entre 2012 e 2017, e destas nenhuma passou da fase de protótipo, foram descartadas após receberem a nota de avaliação. A partir destes dados buscou-se saber o porquê que tais tecnologias não seguiam o caminho de amadurecimento.

Apesar de todo o esforço empregado pelo NEAB no cumprimento das metas estabelecidas a partir da Lei nº 10.639/2003, a difusão das tecnologias educacionais produzidas pelo NEAB do IFPA *Campus* Belém ainda era deficiente, percebida através da pesquisa inicial. Tal resultado nos embasou a afirmar que esta é uma realidade presente em grande parte dos cursos oferecidos pela instituição. Produz-se muito, difunde-se pouco.

A difusão de seus produtos tecnológicos e inovações passa a ser uma necessidade que a instituição

precisava superar, e a partir dessa hipótese apontamos nossa pergunta norteadora: como promover a interação entre educação, tecnologia e inovação, como parte integrante no processo de ensino-aprendizagem, no qual os resultados das pesquisas básicas se transformassem em produtos inovadores (através da pesquisa aplicada), e estes pudessem ser difundidos na sociedade?

Nosso trabalho apontou como caminho a difusão e os meios necessários para tal, visando interagir e consolidar, como propõe os documentos institucionais em relação as atividades de inovação.

A consonância deste trabalho junto às Políticas, aos Programas e ao Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI, 2016) do IFPA respalda ações que visam aos seus resultados junto à sociedade, e assim interagindo como descreve o seu PDI em seu mapa estratégico, mais especificamente no item R52: “*estimular a inovação, sua proteção e transferência para a sociedade*”.

Este trabalho teve entre seus objetivos, promover a interação entre educação e tecnologia, como parte integrante no processo de ensino-aprendizagem, integrando os resultados das pesquisas básicas no processo de amadurecimento e transformação em produtos inovadores (através da pesquisa aplicada).

E com isso, promover ações para implementar uma cultura de inovação e empreendedorismo no ambiente institucional e, assim, ser um vetor para

a difusão dos produtos gerados.

JUSTIFICATIVA

A apropriação do fazer e o uso de tecnologias fazem parte da vida do ser humano. Desde os ancestrais traços gravados em pedra com argila, corante e carvão, aos atuais traços gravados em telas de LCD *touch screen*, as pessoas vêm buscando o desejo de se expressar, interagir, aprender e inovar, procurando conhecimentos, aprimorando-se e criando tecnologias, seja ela em qualquer fase da história de seu desenvolvimento.

A partir do aprendizado propiciado pelo ensino e potencializado pelas experiências adquiridas, as pessoas, por meio de ações mediadas pela tecnologia, as convertem em um processo produtivo, e assim se desenvolvem socialmente. Laraia (2009) lembra que tudo o que o homem faz aprendeu com os seus semelhantes e não decorre de imposições originadas fora da cultura. Esse processo se autoalimenta na história, buscando sua evolução à medida em que suas ações se aperfeiçoam, se inovam e se desenvolvem.

Rocha (2014) enfatiza que,

[...] ao fazerem uso de instrumentos tecnológicos, os sujeitos de alguma forma podem modificar seu uso e por eles serem modificados (ROCHA, 2014, p.11).

No âmbito do fazer prático em uma instituição de educação, ciência, tecnologia e inovação, como o IFPA Campus Belém, que tem como viés a

pesquisa aplicada e, sendo uma instituição de educação profissional, constatou-se que inovação, empreendedorismo e difusão são conceitos e trâmites que precisam interagir como parte da formação inicial do seu público-alvo. Ao mesmo tempo, identificou-se que a instituição carece de um planejamento para nortear a comunidade na materialização de sua criatividade no que diz respeito à concepção de seus inúmeros produtos e processos ao longo desses anos de história.

Constatou-se que, dentre aqueles que desenvolvem tecnologia e inovação, em sua maioria, não há a compreensão quanto aos passos de construção e amadurecimento destas. Após a pesquisa básica, se dedicam à publicação de um artigo e/ou apresentação em eventos, sem ter o cuidado de fazer o devido, e necessário, registro intelectual da sua produção.

Não há, também, um incentivo ou formação na área do empreendedorismo aos que produzem, no sentido de formatar a ideia de negócio a partir de uma demanda na solução de um problema.

Este trabalho visa apontar caminhos no uso da difusão como elemento catalisador entre o que se produz institucionalmente e a apropriação social e/ou mercadológica desta produção.

Nossa pesquisa visa analisar, refletir e consolidar as possibilidades atuais e futuras do fazer científico por meio de um espaço institucional que possa: produzir para o bem comum, aprimorar os mecanismos de produção,

socializar os produtos, processos e e/ou serviços inovadores, em busca de um crescimento humano e social.

MOTIVAÇÃO

Apesar de todo o esforço empregado na produção das TE's (da concepção teórica à apresentação final na disciplina ou eventos), estas se “perdiam” por falta de um direcionamento no fluxo que pudesse conduzir a uma nova fase de amadurecimento destas tecnologias e visioná-las para que foram produzidas: resolver um problema social.

Em outras palavras, abria-se um paradoxo: produziam-se as TE's na busca de solucionar problemas no ensino-aprendizado, através de uma didática ativa e inovadora. Os discentes

se empenhavam em transpor essa didática na construção de uma TE (que poderia ser um jogo de tabuleiro, um aplicativo, uma revista em quadrinhos ou outros formatos), mas essa produção não passava do protótipo. A possível solução ficava sem solução.

Mais à frente na pesquisa nos deparamos com um conceito que definia tal situação, conhecida como “Vale da Morte”, lacuna relacionada à trajetória de amadurecimento de uma tecnologia ou, ainda, uma quebra no caminho entre uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT) e o mercado e/ou sociedade. É conhecido como “Vale da Morte”, pois é onde a maioria das inovações produzidas não conseguem “atravessar”, não conseguem sair do protótipo, não solucionam e caem neste “vale”, como ilustrada na Figura 1.



Figura 1. Ilustração didática do “Vale da Morte”.

Segundo Auerswald e Branscomb (2003), existem várias lacunas (conhecidas como gaps) ou demandas entre os extremos do “Vale da Morte” a serem superadas. As questões podem ser de ordem

financeira, de pesquisa, de informação e/ou de confiança.

A partir desse reforço teórico, compreendemos que isso também se aplicava aos *lôcus* da pesquisa, afinal, as tecnologias e inovações produzidas

no IFPA Campus Belém, foram ações observadas como descontínuas em todo o processo. Depois de produzidas, testadas e validadas, as tecnologias eram simplesmente “esquecidas”, ou seja, caíam no “Vale da Morte” das inovações.

Diante dessas necessidades buscamos a partir da criação de um núcleo de trabalho específico potencializar as produções inovadoras e difundi-las, e ainda, criar uma cultura de empreendedorismo e inovação dentro do espaço institucional, como resposta ao que foi levantado.

Para embasar nossa proposta recorreremos ao embasamento teórico como base para respaldar nossa hipótese e construímos uma resposta sólida materializada no Núcleo de Difusão, Tecnologia, Pesquisa e Inovação (NDTPI).

REFERENCIAL TEÓRICO

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Segundo o Dicionário Online de Português (2020), a palavra tecnologia significa “teoria ou análise organizada das técnicas, procedimentos, métodos, regras, âmbitos ou campos da ação humana”. De maneira abrangente, envolve a busca do homem pelo conhecimento com a finalidade de criação de ferramentas e processos a serem utilizados em prol do seu desenvolvimento. A história da tecnologia se confunde com a própria história da humanidade e vem desde os primórdios.

Quando nos referimos à tecnologia, trilhamos os conceitos de Álvaro Pinto que apresenta em sua terceira acepção sobre o tema como:

O conjunto de todas as técnicas que dispõe uma determinada sociedade, em qualquer fase da história de seu desenvolvimento (PINTO, 2005, p.219).

Na palavra tecnologia estão contemplados técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana que se desenvolvem pelo acúmulo de experiências para a construção de si mesmo, e se perpetuam pela transferência de saberes: pela educação.

Segundo o Dicionário Online de Português (2020), educação é um substantivo feminino, sendo ação ou efeito de educar, de aperfeiçoar as capacidades intelectuais e morais de alguém.

Melo (2004, p.138) diz que o homem constrói sua natureza, pois “o processo de desenvolvimento (do homem) resulta de um processo de aprendizagem” e tal “processo de apropriação é sempre um processo de educação”. Assim, Compreendemos a educação como mediadora entre o homem e o conhecimento, a tecnologia e sua aplicação, a ação prática e o desenvolvimento, em um ciclo contínuo, onde é necessária a conjunção de ambas para obter resultados.

A tecnologia gerada pela educação formará um binômio, a tecnologia educacional, que tende a transformar a pesquisa básica em pesquisa aplicada, pelo simples fato de

transformar a ideia em um produto ou processo mediador para a solução de um problema.

Segundo a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), no que tange sobre as tecnologias educacionais, em seu artigo 80, prevê que as

tecnologias educacionais são instrumentos democratizantes, fortalecedores da promoção de justiça social, permitindo que o acesso aos níveis mais elevados do ensino, da pesquisa e da criação artística, dê-se realmente segundo a capacidade de cada um (BRASIL, 1996).

TECNOLOGIA EDUCACIONAL: A BASE DA PESQUISA

A ontologia das tecnologias no meio escolar é um reflexo dessa transformação que percebemos no nosso meio e, conseqüentemente, em nós. Tal transformação implica em novas ideias de conhecimento e aprendizagem, da função da escola, do docente, do discente e do conjunto de relações que envolvem esses atores no pensar, no pesquisar, no analisar, no produzir e no difundir prático de todas essas ações.

É importante compreender essa inovação educacional como parte integrante no processo de ensino-aprendizagem, ligada à forma de organização do trabalho pedagógico. Tal processo vem sofrendo modificações, buscando romper com o modelo tradicional passado e repassado às gerações, com o intuito de construir o caminho de uma educação democrática e transformadora.

Entendemos que para trilhar esse caminho, que começa no aprendizado e finaliza na apropriação dessa produção pela sociedade, são necessários mecanismos que possibilitem percorrê-lo, dos quais podemos destacar: capital humano, políticas, regulação, infraestrutura, equipamentos, demanda, cultura e incentivos. Cabe à escola, como instituição social legítima (e responsável), essa construção.

Além disso, precisa incluir as demandas de temáticas transversais de maneira que o educando possa relacionar, por exemplo, a matemática como um fator transversal à sexualidade, história à violência ou geografia ao meio ambiente.

O IFPA - *Campus* Belém configura-se como uma instituição pública de educação, espaço ideal para atender as demandas relacionadas à aplicação dos conceitos relacionados às TE's e outras inovações, visando suas aplicações na busca de ser um vetor de transformação.

Essa função se delimita por meio da premissa da política pública que considera a Educação como direito social fundamental, assegurado nos arts. 6º e 205 da Carta Magna, que deve se dedicar, dentre outros propósitos, “à promoção humanística, científica e tecnológica do país” (BRASIL, 1988).

INOVAÇÃO

Uma tecnologia produzida se inova constantemente. A tecnologia nem sempre é concebida direcionada a uma única aplicação prática. Sua

estruturação advém de vários fatores, mas a ideia inicial surge por uma necessidade e seu desenvolvimento pode ir se aperfeiçoando e modificando ao longo de um extenso caminho, criando, assim, inovações (diferentes), de acordo com necessidades específicas. A roda é um excelente exemplo dessa trajetória tecnológica, provavelmente, concebida para facilitar o transporte, sua utilização foi se modificando no tempo visando atender outras soluções que não tinham relação com a ideia original.

O desenvolvimento de tecnologia gera inovação que,

incremental ou disruptiva, é por definição a chegada ao mercado de um novo produto, modelo de negócio ou serviço, proporcionando benefícios à sociedade (FERREIRA, 2018, p. 28).

O Manual de Oslo (2006, p.55) define que inovação é:

A implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

A Lei 11.196 (Lei do Bem), em seu Decreto 5.789, de 7 de junho de 2006, define inovação tecnológica como:

A concepção de novo produto ou processo de fabricação, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado (BRASIL, 2006).

É importante entendermos que o processo de inovação perpassa por múltiplas etapas do amadurecimento, desde a exposição de ideias, a pesquisa, passando por processamento, registro, até atingir a difusão ou comercialização.

NÍVEIS DE MATURIDADE TECNOLÓGICA

No Dicionário Tecnologia e Inovação do SEBRAE-CE (2010, p.74), encontramos a definição de modelos de maturidade:

baseiam-se na premissa de que as pessoas, organizações, áreas funcionais e processos evoluem através de um processo de desenvolvimento ou crescimento em direção a uma maturidade mais avançada, atravessando um determinado número de estádios distintos. Os modelos mais conhecidos dizem respeito a Gerenciamento de Projetos, Processos e sua Gestão.

Níveis de Maturidade Tecnológica (NMT) ou Níveis de Prontidão Tecnológico derivam da terminologia em inglês: *Technology Readiness Level* (TRL). TRL é um método sistemático para estimar o nível de amadurecimento de uma tecnologia.

A TRL é uma ferramenta de avaliação tecnológica que auxilia na comunicação. Ela permite estabelecer os níveis de maturidade de uma tecnologia entre cientistas, tecnólogos e gerentes nos processos de desenvolvimento tecnológico. (ANTUNES et al., 2018, p. 20).

Compreender as TRL's se faz necessário, pois atualmente há um cerne nas pesquisas aplicadas e sua possível comercialização. Para que isso

aconteça, estes níveis precisam estar bem delineados desde a concepção, compreendidos pelos que fazem a pesquisa, pelos que trabalham com a propriedade intelectual e pelos que as qualificarão na sociedade e/ou no mercado.

Segundo Antunes et al. (2018, p. 62),

As informações sobre a maturidade de uma tecnologia auxiliam na definição de:

- Incerteza/risco.
- Recompensa.
- Atividade competitiva.
- Probabilidade de sucesso.
- Expectativas gerenciais.
- Controle.
- Estratégias de pesquisa e desenvolvimento (P&D) apropriadas.
- Estratégias de investimento.
- Marketing.

É uma métrica reconhecida no meio científico e no mercadológico, um indicador para tomadas de decisões de gestores de inovação. Tem sido adotada por diversas instituições no Brasil, como a Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre outras, com o objetivo de metrificar os avanços ocorridos na tecnologia desenvolvida ou apoiada por estas instituições.

Definição do Nível de Maturidade – TRL (VELHO, 2017), de acordo com a NBR ISO 16290 (ABNT, 2015):

TRL1. Princípios básicos observados e reportados.

TRL2. Formulação de conceitos tecnológico e/ou de aplicação.

TRL3. Estabelecimento de função crítica de forma analítica ou experimental e ou prova de Conceito.

TRL4. Validação funcional dos componentes em ambiente de laboratório.

TRL5. Validação das funções críticas dos componentes em ambiente relevante.

TRL6. Demonstração de funções críticas do protótipo em ambiente relevante.

TRL7. Demonstração de protótipo do sistema em ambiente operacional.

TRL8. Sistema qualificado e finalizado.

TRL9. Sistema operando e comprovado em todos os aspectos de sua missão operacional.

Pensar, formular um conceito e desenvolver uma prova teórica são os primeiros passos, mas outras etapas precisam ser cumpridas, e para que se possa aproximar do objetivo final é necessário que se conheça as matrizes de avaliação que darão prosseguimento ao amadurecimento de uma inovação.

DIFUSÃO

A ciência e os negócios são uma soma que pode melhorar a sociedade, gerando novas tecnologias e inclusão digital. O problema é que, em matéria de inovação, há um “vale da morte” entre universidade e mercado (BATISTA, 2018). Uma das nossas propostas para passar por esse “vale” é aprimorar a difusão entre o que se produz e a sociedade e/ou mercado.

A Figura 2 apresenta os dados de uma prospecção realizada no primeiro trimestre de 2020, tendo como lócus o IFPA Campus Belém, foram levantadas 366 tecnologias produzidas no período entre 2012 e o primeiro trimestre de 2020 – até 2019 apenas 8 tecnologias haviam sido encaminhadas para registro, a partir de 2020 já havia a projeção para 23 tecnologias.

TE's englobam tecnologia, educação, empreendedorismo, inovação e difusão, afinal, o desenvolvimento do ser humano e seu meio estão diretamente relacionados com as tecnologias produzidas, a partir do conhecimento social, repassado pela educação, com o intuito de alcançar seus objetivos.

Segundo o Dicionário Online de Português (2020), difusão é o ato de divulgar, “uma ação, de tornar algo

conhecido pelo público”, dessa forma, podemos então entender como uma ação equivalente à “comunicação”, que é um “processo” de relação antropológica e formativa mediada por certos canais, em um período de tempo, a pessoas em determinado sistema social.

Dessa forma, ressaltamos a importância das TE's inovadoras e sua função como agente de transformação social através da difusão de sua produção, cunhada para transformar ideias em conhecimento, conhecimento em ações e ações em soluções que se desenvolvam sobre a base da prática da experiência social. Em resumo, concebemos difusão como apropriação social para a democratização dos saberes e que, a partir desta, possa gerar uma mudança na estrutura e na função.

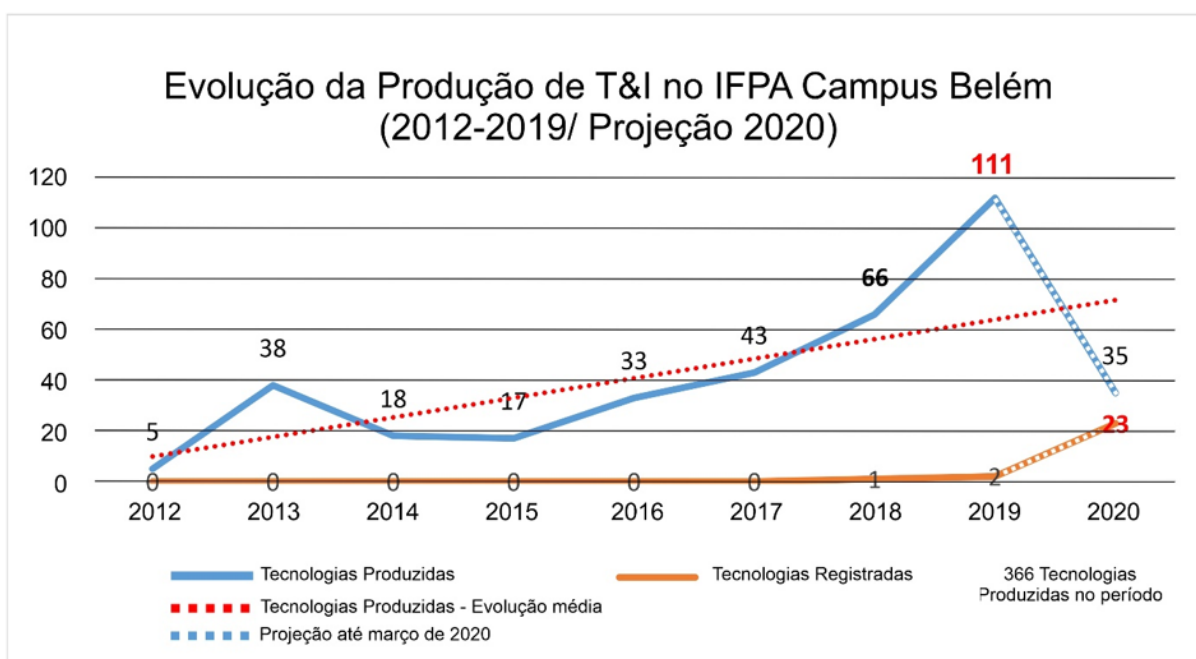


Figura 2. Produção de tecnologias 2012-2019.

EMPREENDEADORISMO

O empreendedorismo é um

conceito amplo e variado. Apresentamos a seguir alguns destes e finalizamos com uma síntese da sua importância na

construção do NDTPi.

Segundo o Dicionário Online de Português (2020), empreendedorismo é um substantivo masculino relacionado a:

capacidade de projetar novos negócios ou de idealizar transformações inovadoras ou arriscadas em companhias ou empresas.

O Dicionário Tecnologia e Inovação do SEBRAE-CE (2010, p.39) fala da:

[...] habilidade de tornar uma invenção numa inovação, pela combinação de diferentes tipos de conhecimentos, capacidades, habilidades e recursos.

Baron e Shane (2007, p.26) entendem o empreendedorismo

[...] como um processo que ocorre em fases/etapas diferenciadas, as quais se consolidam na medida em que estas se integram.

Além disso:

[...] O empreendedorismo exige uma ação empreendedora por meio da criação de novos produtos/processos ou entrada em novos mercados (HISRIC; PETERS; SHEPHERD, 2014, p.6).

Nesse contexto, a atividade empreendedora é considerada o processo por meio do qual indivíduos criam oportunidades de inovação, e

essa inovação irá, eventualmente, agregar valor à sociedade, sendo esse, portanto, o 'resultado final' de um ecossistema empreendedor". (STAM, 2015, p.1765).

Araújo et al. (2005) trabalham em apresentar como se dá o processo empreendedor dentro das universidades, colocando os pesquisadores, sejam docentes ou discentes de pós-graduação, como

atores únicos no processo de inovação pelo conhecimento tácito tecnológico (*know how*) acumulado que possuem.

Schwab (2016) aponta, ainda, mudanças profundas na economia, nos negócios, nos governos, na sociedade e no indivíduo, tendo como um dos reflexos o aumento global de empreendedores.

Por isso, entendemos que dentro da missão de criação do NDTPi deveria estar envolvida a questão da educação empreendedora, pois tal atividade vem suprir a necessidade para além do fazer, e criar um pensamento que começa na ideação e finaliza na difusão.

Nosso entendimento em afirmar que o NDTPi busque relacionar o empreendedorismo dentre suas metas se respalda na Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, que institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Dentre as finalidades estabelecidas no Art. 6º, inciso VIII, estabelece que os IF's devem:

[...] realizar e estimular a pesquisa aplicada, a produção cultural, o **empreendedorismo**, o cooperativismo e o desenvolvimento científico e tecnológico (BRASIL, 2018, grifo nosso).

E em seu Art. 7º, inciso III institui que os IF's devem:

[...] realizar **pesquisas aplicadas**, estimulando o desenvolvimento de soluções técnicas e tecnológicas, estendendo seus benefícios à comunidade (IFPA CAMPUS BELÉM, 2019, p.55, grifo nosso).

PESQUISA-AÇÃO

"Não há certeza sobre quem inventou a pesquisa-ação" (TRIPP, 2005, p.445), mas independentemente

de sua origem:

[...] a pesquisa-ação tem sido utilizada, nas últimas décadas, de diferentes maneiras, a partir de diversas intencionalidades, passando a compor um vasto mosaico de abordagens teórico-metodológicas (FRANCO, 2005, p.485).

A pesquisa-ação direcionou nosso trabalho no sentido de que ambas caminhem juntas, quando se intenciona a transformação da/na prática.

No caso do NDTPI, seria produzir a transformação a partir das possibilidades que o núcleo possa oferecer no trato da potencialização de suas pesquisas aplicadas, buscando a solução de um problema (a falta de difusão), bem como a produção de novos saberes (a partir dos espaços *makers*). Como afirmam Toledo e Jacobi (2013, p.158), “na pesquisa-ação as intervenções e a produção do conhecimento se inter-relacionam”.

METODOLOGIA

Uma pesquisa exploratória sobre

os conceitos abordados na pesquisa nos auxiliou na compreensão e formulação inicial da nossa proposição. Em seguida, buscaram-se elementos legais que respaldassem a inserção institucional do nosso produto proposto.

Foram analisados documentos institucionais do IFPA, IFPA Campus Belém e outros em nível nacional, relacionados de maneira direta e que nos resultassem em subsídios.

A partir de então, de acordo com a metodologia elencada, deu-se prosseguimento na ação, considerando os cinco eixos (método, abordagem, objetivo, critérios e natureza) e as fases de planejamento, implementação, análise e aplicação. Em cada uma das fases foi realizada uma análise da aceitação da proposta através do *feedback* dos *stakeholders* envolvidos, até a finalização do produto NDTPI.

Todo o processo se dividiu em cinco fases, conforme apresentado na Figura 3, em que cada uma se subdividiu em três outras subfases.

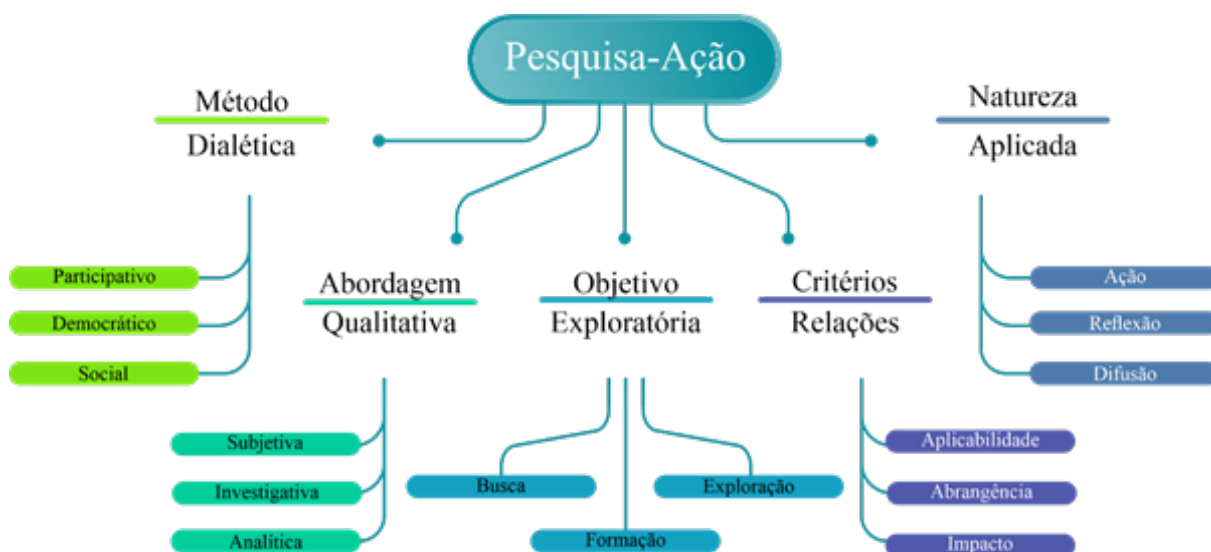


Figura 3. Fluxograma da Metodologia, suas fases e subfases.

Tais fases visam se integrar com os conceitos analisados anteriormente na pesquisa, objetivando, ao final, respaldar a metodologia e as ações que foram realizadas na construção do produto proposto. Vale esclarecer que as fases não se apresentam de uma maneira hierárquica - apesar de serem distintas podem acontecer de maneira simultânea ou não, dependendo da necessidade a ser alcançada.

Quanto ao Método foi dialética: participativa, democrática e social. Considera-se que os fatos não podem ser abordados fora de um contexto social; a participação e envolvimento dos atores é a base para a pesquisa. O envolvimento dos atores no processo irá justamente buscar as relações concretas e efetivas por trás dos fenômenos ou problemas apresentados. Sujeito e objeto se relacionam de maneira dinâmica e histórica, completando-se pela ação do pensar, a fim de propor teoricamente (abstrações) e soluções reais e práticas em busca de soluções.

Quanto a Abordagem foi qualitativa: subjetiva, investigativa e analítica. Levantamos dados que puderam qualificar a necessidade da demanda em relação à proposta do projeto. Esta abordagem teve por finalidade compreender e traduzir a complexidade do objeto, reduzir a distância entre teoria e dados, interpretar os “fenômenos” e analisá-los. Isso só foi possível tendo os indicativos de suas fontes primárias, daqueles que vivenciam essas necessidades, coletando suas respostas e buscando novas fontes, e recomeçando o

processo.

Quanto ao Objetivo foi exploratória: busca, exploração e formação. Nesta etapa da metodologia foi realizada a observação, coleta, análise e interpretação de fatos e fenômenos que ocorrem dentro de seus nichos, cenários e ambientes naturais de vivência. No caso específico no NDTPi do IFPA - *Campus* Belém, foi realizado apenas com os docentes e discentes envolvidos em pesquisa aplicada, produção de tecnologias educacionais e/ ou de cunho inovador. Não houve participação de outro público (externo), pois em sua fase inicial a participação de outros dependeria da realização deste primeiro momento.

Quanto aos Critérios foi relacional pela aplicabilidade, abrangência e impacto. A concepção do trabalho e da pesquisa enquanto princípio educativo é entendida na perspectiva da produção do conhecimento como atividade instigadora do aluno em relação ao seu estar no mundo e como estímulo à criatividade. Ao mesmo tempo, coloca como eixo orientador dos processos investigativos as questões advindas das necessidades sociais, considerando as singularidades econômicas, sociais e culturais onde o IFPA - *Campus* Belém está inserido, ressaltando que os profissionais por ela formados, ou ainda em formação, devem se ocupar, particularmente, com a aplicabilidade dos conhecimentos científicos.

Quanto a Natureza foi aplicada, na ação, na reflexão e na difusão. A pesquisa realizada teve por objetivo levantar dados que pudessem qualificar

a necessidade da demanda em relação à proposta do projeto levantada na hipótese inicial - potencializar ações que venham a contribuir com a difusão das tecnologias inovadoras desenvolvidas pelo IFPA Campus Belém.

Após as primeiras coletas (entrevistas, observação direta, observação participante, entrevistas, biografias, documentação de arquivo...), foram realizadas análises dos dados, tanto em amplitude quanto em profundidade.

A preocupação inicial foi a compreensão estreita desses dados, de fazê-los “falar” da forma mais completa possível, abrindo-se à realidade na qual a instituição está inserida para melhor apreendê-los e compreendê-los, propondo as soluções.

Durante a pesquisa e o desenvolvimento das ações, a proposta de criação do NDTPI se sistematizou em três partes (planejamento, implementação e análise de resultados), as quais se complementaram na

construção de uma cultura de inovação e na consolidação da ação.

RESULTADOS

A Figura 4, apresenta os resultados obtidos durante a implantação do NDTPI, suas ações foram planejadas em sete etapas: sensibilização, diagnóstico, identificação, aproximação, acompanhamento, encaminhamento e difusão, e apontaram que:

- a. A metodologia de pesquisa-ação potencializou um aumento considerável, tanto na produção quanto nos encaminhamentos para registro da propriedade intelectual;
- b. O NDTPI foi institucionalizado e implantado no organograma institucional, por conta da relevância apresentada nos resultados obtidos.
- c. Os docentes, discentes e técnicos que participaram do processo são potenciais multiplicadores de uma “cultura” de inovação e empreendedorismo na instituição.



Figura 4. Projetos realizados em 2019.

Vale ressaltar que as ações de 2020, por conta da pandemia, ainda estão em construção.

Outro resultado de grande relevância atribui-se à difusão de

produtos que foram gerados nesse processo, pois a partir deles foi possível a criação de um relatório tecnológico¹,

1 - Disponível em: <https://1drv.ms/b/s!AuBDw7YuMlbth-L5HZ8rVibn2m-PTpw>.

apresentando as potencialidades que podem advir de novas ações de outros cursos.

Através das expertises do NDTPi, com o esforço conjunto da Diretoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação (DPI) do IFPA *Campus* Belém e do

Núcleo de Inovação tecnológica (NIT) da Reitoria, propõe-se transformar as produções/processos em elementos possíveis de serem difundidos na modalidade adequada e facilitar sua aplicação prática, tornando-os produtos transformadores (Figura 5).



Figura 5. NDTPi como peça essencial para sobrepor o “vale da morte” das inovações.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo geral apresentar o caminho percorrido para alcançar a proposta de implantação de um núcleo em ambiente estruturado e institucionalizado que desse conta de promover a interação entre educação, tecnologia e inovação, como parte integrante no processo de ensino-aprendizagem, no qual os resultados das pesquisas básicas se transformassem em produtos inovadores (através da pesquisa aplicada). Que ainda pudesse agregar a metodologia do “aprender-fazendo” junto aos que as desenvolveram e puderam participar ativamente das fases de amadurecimento que o

produto/processo percorreu.

Dessa forma, nosso trabalho se traduz na voz daqueles que confiaram em nossas expertises e nosso arrojo:

A conclusão do nosso trabalho se respalda na inserção institucional do NDTPi que foi promovida pelo Conselho Diretor (CONDIR) do IFPA *Campus* Belém, em 30 de janeiro de 2020.

Muito mais que uma pesquisa descritiva, muito mais que apenas uma ação, consolidamos um produto institucional como um marco na história do IFPA e, de forma inédita no *Campus* Belém. Este produto se concretizou pelos esforços na solução de um problema que envolvia uma grande parcela de seus públicos; um produto que poderá agregar a relação do ensino,

da pesquisa e da extensão com a inovação, por conta das possibilidades que o NDTPi oferece e pela diversidade de atores envolvidos.

Um produto que poderá expandir os limites do IFPA - *Campus* Belém enquanto instituição instigadora na produção de tecnologias inovadoras, transformando o conhecimento em um bem e este em produtos/processos que possam vir solucionar problemas de ordem prática, social ou de mercado. Um produto que poderá gerar muitos outros produtos.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, A. M. S.; PARREIRAS, V. M. A.; QUINTELLA, C. M.; RIBEIRO, N. M. Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. IN: RIBEIRO, N. M. **Prospecção Tecnológica**. Vol. 1. Coleção PROFNIT. Salvador: IFBA, FORTEC, 2018.
- ARAÚJO, Maria H.; LAGO, Rochel M.; OLIVEIRA, Luiz C. A.; CABRAL, Paulo R. M.; CHENG, Lin Chih; BORGES, Cândido; FILION, Louis Jacques. "SPIN-OFF" Acadêmico: Criando Riquezas a Partir de Conhecimento e Pesquisa. **Revista Química Nova**, Vol. 28, Suplemento, S26-S35, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 16290:2015. Sistemas espaciais: definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. 2015. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=344747>. Acesso em: 5 ago. 2020.
- AUERSWALD, P.E. & BRANSCOMB, L.M. Valleys of Death and Darwinian Seas: Financing the Invention to Innovation Transition in the United States. **The Journal of Technology Transfer** (2003) 28: 227-239. <<https://doi.org/10.1023/A:1024980525678>>.
- BARON, Robert A. SHANE, Scott A. **Empreendedorismo: uma visão do processo**. / Robert A. Baron, Scott A. Shane; tradução All Tasks. -- São Paulo, Cengage Learning, 2007. Título original: Entrepreneurship: a process perspective.
- BATISTA, Everton Lopes. Em inovação, há um 'vale da morte' entre academia e mercado, diz cientista. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 13 de nov. de 2018. Disponível em: < <https://www1.folha.uol.com.br/empreendedorsocial/fiis/2018/11/em-inovacao-ha-um-vale-da-morte-entre-academia-e-mercado-diz-cientista.shtml>>. Acesso em: 30 de dez. de 2020.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.
- _____. **Lei nº 10.639**, de 9 de janeiro

de 2003. Altera a Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-brasileira”, e dá outras providências. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 9 jan. 2003.

_____. **Lei 11.196**, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica; e dá outras providências.

_____. **Lei 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências.

_____. **Lei nº. 9.394** de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

DIFUSÃO. In: **DICIO**, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/difusao/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

EDUCAÇÃO. In: **DICIO**, Dicionário

Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/educacao/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

EMPREENDEDORISMO. In: **DICIO**, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/empreendedorismo/>. Acesso em: 05 ago. 2020.

FERREIRA, Eduardo Marson. Inovação, Vale da Morte e Elo perdido. **Revista Tecnologia e Defesa**, São Paulo. Ed jun. de 2018. Disponível em: https://ezute.org.br/wp-content/uploads/2018/07/Eduardo_Marson_TD_Junho_2018.pdf. Acesso em: 10 de dez. de 2019.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. Pedagogia da Pesquisa-Ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, set./dez. 2005.

HISRICH, R. D.; PETERS, M. P.; SHEPHERD, D. A. **Empreendedorismo**. 9. ed. São Paulo: Mc Graw Hill Education, 2014.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ. **Projeto Pedagógico Institucional** / Organizado por Elinilze Guedes Teodoro, Carla Andrezza Amaral Lopes Lira, Claudia Andrea Correa da Silva, Gleice Izaura da Costa Oliveira, Katarine Christiane Mata Pereira, Selma Sousa

Costa Silva, José Edivaldo Moura da Silva, Mareio Wariss Monteiro – Belém, 2016. 137 p.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ – CAMPUS BELÉM. **Plano de Desenvolvimento do Campus Belém.** Conselho Diretor do Campus Belém (CONDIR). Belém, 2019. 138 p.

LARAIA, Roque de Barros. **Cultura:** um conceito antropológico. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009. 116 p.

MELO, Herbart dos Santos. **Dicionário Tecnologia e Inovação** / Herbart dos Santos Melo, Leonardo Costa Leitão (Org.) – Fortaleza: SEBRAE, 2010. 120 p.

MELO, Suely Amaral. A Escola de Vigotsky. In: CARRARA, Kester (Org.). **Introdução à Psicologia da Educação:** seis abordagens. São Paulo: Avercamp, 2004.

OCDE. **Manual de Oslo:** diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Publicado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), 3ª Edição, 2006. OCDE. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf>.

PINTO, A. V. **O conceito de Tecnologia.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. 2 v.

ROCHA, Helena do S. C. da. **Tecnologia Educacional:** instrumentalização para

o trato com a diversidade étnicorracial na educação básica / Helena do S. C. da Rocha (Org.). – Belém: IFPA, 2014. 250 p.: il.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial/** Klaus Schwab; tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016. Título original: The Fourth Industrial Revolution.

SILVA, I. J. Paes e. **Inovação Educacional:** a difusão das tecnologias educacionais produzidas pelo NEAB do IFPA Campus Belém. 2017. 124 f. TCC (Pós-Graduação em Docência para Educação Profissional, Científica e Tecnológica) – Instituto Federal do Pará, Belém, Pará, 2017.

STAM, E. **Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy:** A Sympathetic Critique. European Planning Studies, v. 23, n. 9, p. 1759-1769, 2015.

TECNOLOGIA. In: **DICIO**, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/tecnologia/>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

TOLEDO, R. F. T.; JACOBI, P. R. Pesquisa-ação e Educação: Compartilhando Princípios na Construção de Conhecimentos e no Fortalecimento Comunitário para o Enfrentamento de Problemas. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 34, n. 122, p. 155-173, jan.-mar. 2013.

TRIPP, David. Action research: a methodological introduction. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VELHO, S. R.; K., SIMONNETTI, M. L.; SOUZA, C. R. P.; IKEGAMI, M. Y. **Nível de Maturidade Tecnológica**: uma sistemática para ordenar tecnologias. Parcerias Estratégicas/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Vol. 22, n. 45, P. 119-140 (jul-dez), Brasília: CGEE, 2017.

Caracterização mineralógica, física e química de aterro composto por caroço de açaí em uma área residencial de Barcarena/PA

Mineralogical, physical and chemical characterization of a soil composed of açaí lump and used as a landfill in a residential area of Barcarena/PA

Oscar Jesus Choque Fernandez

Professor do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Pará - Campus Belém. Doutor em Petrologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. **Endereço:** Trav. Barão do Triunfo, 271; CEP: 66120-220, Belém/Pará. **E-mail:** oscar.fernandez@ifpa.edu.br.

Jessyca Lima Ribeiro,

Mestrando do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Pará - Campus Belém.

Laércio Gouvêa Gomes,

Professor do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Pará - Campus Belém. Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas.

RESUMO

Foram realizados estudos de caracterização em solo utilizado como aterro, com caroço de açaí, vislumbrando, a inserção do resíduo do fruto de açaí no nivelamento de solo. Amostras de perfis de aterro do solo foram analisadas mineralógica, física e quimicamente. O solo possui quartzo, caulinita, anatásio, goethita e hematita, como os principais minerais nos perfis, com distintas variações em profundidade, isso fica demonstrado pela presença predominante de SiO_2 e Al_2O_3 seguida de baixos teores de Fe_2O_3 e TiO_2 e quantidades significativas de material volátil. O perfil do solo superficial está constituído por pedregulho e areia em maior proporção que silte e argila, tornando-os permeáveis sem restringir a percolação de efluentes do material orgânico, ou seja, dos resíduos de açaí em camadas mais profundas. O solo muito arenoso apresentou menor limite de liquidez devido a menores percentagens da fração argila no solo. A granulometria do solo influi significativamente sobre os limites de consistência do solo da área intervida. O material tem característica plásticas podendo ser viável como material para construção e pode ser usufruído pela comunidade em terrenos residenciais.

Palavras-chave: Caroço. Solo. Barcarena.

ABSTRACT

Characterization studies were carried out in soil used as a landfill, with açaí lump, viewing the insertion of the residue of the açaí fruit in the soil leveling. Samples of soil profiles landfill were analyzed mineralogically, physically and chemically. Quartz, kaolinite, anatase, goethite and hematite, as the main minerals in the profiles, with different variations in depth, this is demonstrated by the predominant presence of SiO_2 and Al_2O_3 followed by low levels of Fe_2O_3 and TiO_2 and significant amounts of volatile material. The profile of the topsoil consists of gravel and sand in a greater proportion than silt and clay, making them permeable without restricting the percolation of effluents from organic material, that is, from açaí residues in deeper layers. The very sandy soil presented a lower liquidity limit due to lower percentages of the clay fraction in the soil. The granulometry of the soil significantly influences the limits of soil consistency of the intervened area. The material has plastic characteristics and can be used as construction material and can be used by the community on residential land.

Keywords: Lump. Soil. Barcarena.

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada das cidades cria diversos tipos de configurações geográficas concentradas em um mesmo território e, conseqüentemente, proporciona diversas formas de um indivíduo se auto-organizar sobre determinado ponto. Diante da recente reorganização do planejamento urbano e das políticas de ordenamento territorial, novas práticas surgem envolvendo a utilização dos elementos naturais presentes no ambiente urbano (ACSELRAD, 2001; MAGALHÃES, 2015). Desta forma, também há de se observar que, essa desordem promove o desenvolvimento de moradias em zonas periféricas ou de difícil acesso, como em locais com ladeiras íngremes, margens de rios e igarapés, onde ocorrem terrenos aterrados com resíduos sólidos (SILVA et al. 2014).

Estudos que abordem especificamente sobre a utilização do aterro cuja composição possui caroço de açaí ainda são escasos, haja vista que a utilização de aterro é uma prática pouco observada nos grandes centros urbanos; outro ponto é que existem poucas pesquisas sobre caracterização nos solos de várzea (FAJARDO *et al.* 2009). Além disso, por ser algo vivenciado principalmente em zonas periféricas, a pesquisa abrange a ordenação urbanística existente, pois, os solos das regiões periféricas possuem, em geral, características que o tornam deficiente do ponto de vista geotécnico e, conseqüentemente,

frágeis quanto à implementação de estruturas (SANCHES, 2012). Não há portanto uma gestão dos resíduos sólidos do açaí, bem como seu beneficiamento econômico, tendo em vista o destaque que o fruto possui no estado do Pará quanto aos aspectos social, econômico e cultural.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas técnicas e métodos existentes as quais foram embasadas em conhecimentos teóricos equivalentes, como o uso de técnicas de caracterização e análise de materiais, o cumprimento de normas estabelecidas pelos órgãos competentes. Diante disso, o estudo preocupou-se em usar metodologias que fomentassem a análise, haja vista que é um ponto crucial na obtenção de resultados de fato relevantes.

O questionamento trazido por este estudo, além de abordar o contexto vivenciado pelo estado do Pará quanto à produção de açaí, visa responder “Como o solo com caroço de açaí utilizado como aterro, em uma área residencial de Barcarena/ PA, uma vez caracterizado, pode auxiliar no entendimento de construções futuras?”

Tendo em vista a acentuação do cenário socioambiental tocante a destinação adequada de resíduos sólidos, busca-se evidenciar a caracterização de um solo caroços de açaí usados para aterro em terrenos residenciais na região de Barcarena; analisar as características físicas, químicas e mineralógicas e estudar as amostras conforme perfil geotécnico.

CARACTERÍSTICAS DOS ATERROS EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Na maioria das obras de pequeno porte, não são detalhados os procedimentos técnicos que devem ser observados na execução dos aterros ou até não existem procedimentos deste tipo. No entanto, as pequenas edificações industriais ou residenciais também devem receber uma atenção técnica mais adequada quando se trata de obras de terra tendo em vista que as consequências de uma obra mal executada podem proporcionar prejuízos. Quando não há a utilização de mão de obra qualificada, o empreiteiro não promove os devidos cuidados resultando em sucessivos erros durante a execução da obra, que, via de regra, acarreta a ruptura parcial ou total dos terrenos inclinados. Além disso, conforme a norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT 108/2009-ES, da qual depreende especificações acerca de aterros, os materiais utilizados devem ser oriundos de escavações consoantes à execução de corte e da utilização dos empréstimos, ademais devem estar embasados em estudos geotécnicos segundo Projeto de Engenharia.

Diversos problemas ocorrem quando o aterro é inadequado (MARCELLI, 2007), já que uma camada de solo mole contém materiais orgânicos e, principalmente, raízes vegetais, os quais devem ser cuidadosamente estudados, uma vez que surgem elevadas deformações

quando não são tomados cuidados necessários. Caso esse material não seja removido, ele irá adensar com o tempo de forma irregular provocando uma movimentação do aterro e comprometendo tudo o que estiver sobre ele. No caso de haver edificações com fundações que não previram essa situação, ocorrerá inevitavelmente um recalque diferencial com o surgimento de trincas generalizadas nas paredes e, dependendo da magnitude dessas acomodações, pode ocorrer um sinistro de graves proporções.

Em pequenas obras, é comum a utilização de aterros com o solo inadequado sem análise das suas características físico-químicas e com a presença de materiais diversos. Um solo para ser utilizado como aterro precisa reunir determinadas condições de granulometria e umidade e, nesse sentido, são necessários alguns ensaios específicos de laboratório. No caso das pequenas obras, esse procedimento é economicamente inviável e desnecessário, visto que há o risco de utilizar argilas moles que não compactam e se comportam como um "colchão de água", formando "aterros borrachudos" ou solos arenosos que devem ser compactados com equipamentos adequados e de alto valor o que dificulta ainda mais a sua utilização em pequenas obras. Deve ser conhecida ainda a origem de coleta do material para aterro e que esse material não seja da camada da superfície do solo vegetal.

O solo é composto por partículas que podem ser agrupadas

conforme as dimensões dos grãos. Cada faixa de dimensões apresenta características próprias que indicam seu comportamento como material de construção. As partículas contidas em determinada faixa são caracterizadas como: Pedregulho: elemento inerte e resistente; Areia: elemento inerte sem coesão, que varia de areia grossa, média e fina. Silte: sem coesão, diminui a resistência da areia; Argila: possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica, expande na presença de água, apresenta propriedades físicas e químicas bastante variadas segundo sua origem.

Algumas características são necessárias para entender o solo, isto é: limites de liquidez e de plasticidade; consistência também é determinante na resistência do solo à penetração e à compactação; mineralogia e percentual dos principais óxidos presentes no solo que correspondem à composição

química, fornecem informações acerca da estrutura desse solo a nível microscópico, possibilitando a definição do comportamento do solo em escala macroscópica, tal como a compressibilidade, a expansão e plasticidade dos solos coesivos. Outros índices podem ser estabelecidos ou, ainda, ter correlação direta com os supracitados, quais sejam: limite de contração, friabilidade máxima e mínima, índice de friabilidade, coeficiente de extensão linear e índice de atividade da argila. O limite de liquidez pode ser um indicador da permeabilidade do solo (SOUZA *et al.*, 2000).

ÁREA DE INTERVENÇÃO

A localização de área de estudo corresponde a um terreno residencial localizado no Bairro Novo no município de Barcarena/PA (Figura 1).

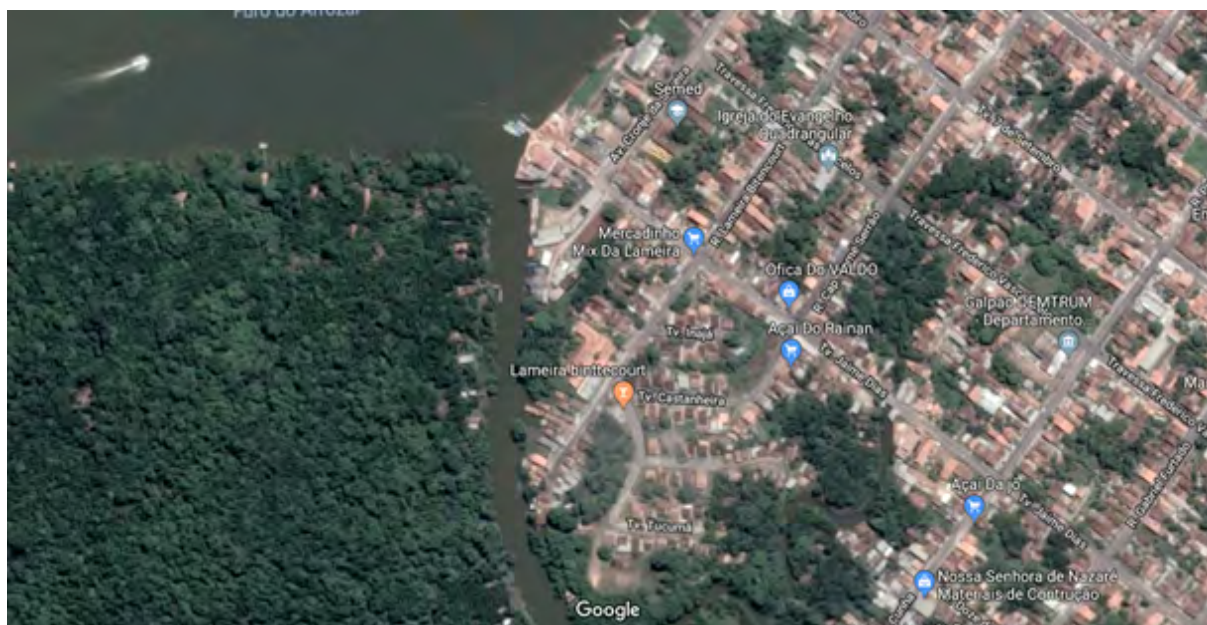


Figura 1. Área de estudo em Barcarena (coleta das amostras como mostra a seta em destaque).
Fonte: Google Maps (2021).

O município de Barcarena está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi. A geologia da área de intervenção está inserida nos sedimentos Plio-Miocênicos da Formação Barreiras. Essa Formação é constituída por um encadeamento de sedimentos formados por agregações faciológicas que apresentam as seguintes particularidades: (a) sedimentos conglomeráticos, comumente espessos, que se caracterizam pela disposição inclinada quanto à estratificação; (b) sedimentos de composição arenosa, apresentando areia e argila de forma entremeada e estruturações; (c) material sedimentar argiloso preponderante, composto por lâminas planas e equivalentes (ROSSETTI *et al.*, 1989).

Os solos onde estão localizados os terrenos residenciais são, predominantemente, do tipo Latossolo Amarelo Distrófico desenvolvidos a partir dos sedimentos do Grupo Barreiras, intensamente lateritizados de área de várzea e com abundante deposição de material orgânico principalmente na forma de resíduos de açaí e outros. A área de estudo está perto do furo do Arrozal com afluente do Rio Itaporanga. Esses rios deságuam na Baía de Marajó.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Foram coletados materiais de aterro em uma residência de Barcarena (Figura 1). Para coleta, foi utilizada a

cavadeira boca de lobo (ABNT NBR 9604/2016; DNER-PRO 002/94) e para identificação, elas foram qualificadas de acordo com a ordem em que eram coletadas em A1, A2, A3 e A4 (Tabela 1), e subdivididas segundo a cor de camada no perfil, as mesmas possuem dimensões de 30cm de comprimento e 10cm de diâmetro.

Tabela 1. Amostras do perfil.

AMOSTRA	CAMADA DA AMOSTRA
A 1	A1 – 1 (5 cm a partir do topo) TOPO
	A1 – 2 (6 a 7cm do centro) CENTRO
	A1 – 3 (de 8 a 30 cm na base) BASE
A 2	A2 – 1 (15 cm do topo) TOPO
	A2 – 2 (15 cm da base) BASE
A 3	A3
A 4	A4 – 1 (5 cm do topo) TOPO
	A4 – 2 (6 a 10 cm do centro) CENTRO
	A4 – 3 (15cm da base) BASE

A amostra A3, diferente das demais, foi a única a apresentar homogeneidade, ou seja, sem camadas distintas em cor e, por esse motivo, somente nela não ocorreu a necessidade de subdivisões.

As amostras do solo foram acondicionadas em bandejas de plástico no laboratório para secagem prévia. A secagem das amostras seguiu a referência da norma NBR 6484/2001, que trata da identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento de solos.

MÉTODOS

Ensaio Físicos, Mineralógicos e Químicos

Amostras de materiais de aterro

foram analisadas por meios físicos e químicos. As análises físicas incluíram análises textural, mineralógica, granulométrica e limites de Atterberg. As análises químicas permitiram determinar a composição química nos perfis dos solos da área.

- A avaliação macroscópica do solo foi feita segundo o perfil do solo da amostra seca por meio da observação visual de coloração e camadas distintas sem ocasionar o desmanche. A seguir foi feito o destorroamento seguindo a norma DNER – ME 041/94.

- Foram realizadas análises mineralógicas por difração de raios-X (DRX) em cada camada do perfil de solo estudado. O registro dos difratogramas foi feito usando o difratômetro BRUKER D2 PHASER, método do pó, do Lamiga-UFPA, com tubo de cobre ($\lambda=1,5406\text{\AA}$) e ângulo $2\theta:5-75^\circ$. Para a identificação de fases foi usada o software HighScore Plus da Panalytical e a base de dados PDF (*Powder Diffraction File*).

- As análises químicas foram realizadas em pastilhas prensadas usando o espectrômetro de FRX S2 RANGER da Bruker, tubo de Rhodio. Alíquotas das amostras de solo foram submetidas a ensaios de perda ao fogo, usando 1g de amostra seca e pulverizada e colocada em cadinhos de cerâmica e forno tipo mufla, até 1000°C por uma hora. Por diferença de massa, foram determinados os voláteis do composto.

- Os ensaios granulométricos do solo, foram utilizadas seguindo as normas DNER – ME 080/94 e DNER – ME 051/94 e ABNT NBR 6502/1995, ABNT NBR 7181/1968.

- Os ensaios de limites de Atterberg foram realizados segundo as normas: NBR 6459/2016, determinação do limite de liquidez; NBR 7180/2016, determinação do limite de plasticidade; NBR 6457/2016, preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA

Na área de estudo, onde foram realizadas perfurações para coleta de amostras, o solo encontra-se coberto com esparsa vegetação e misturado com material orgânico (Figura 2). A cobertura vegetal está indicada como vegetação secundária devido à predominância que possui no local o qual constantemente é alterado pela sociedade a fim de promover suas atividades econômicas resultando em modificações no solo.



Figura 2. Área de coleta.

A partir de uma análise visual e tátil, observa-se um solo muito espesso (Figura 3), de textura arenosa a argilosa, a coloração varia de marrom avermelhado, marrom escura ou cinza

escuro a branca provavelmente ocasionada pela presença de um material mosqueado e outro argiloso intemperizado, o mesmo se encontra capeado por uma vegetação rasa. Podem ser observados estruturas sedimentares, com sedimentos formando intercalações de camadas de areia com silte e argila. Tipicamente podem ser observados arenitos ferruginosos compactos, conglomerados com quartzos arredondados a subangulares, por vezes são observados seixos cristalinos angulosos e subangulosos, todos misturados com material orgânico de resíduos de açaí, serragens, entulhos e/ou simplesmente lixo, parcialmente decompostos ao longo do perfil do solo. As amostras com essa textura arenosa podem estar associadas a silicatos de alumínio oxidados além da presença de húmus e discreto mosqueamento ao redor de tubos de matéria orgânica.



Figura 3. Perfil das amostras.

Na área da residência, que corresponde a várzea os sedimentos lateritizados da Formação Barreiras são recobertos por argilas e areias recentes, que correspondem aos domínios das várzeas periodicamente inundados pelos rios, igarapés e furos. Essa característica de solo pode ser interpretada como estrutura sedimentar

indicativa de sedimentação flúvio-lacustre.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

As amostras investigadas nas diferentes camadas dos perfis de solo selecionados, estão compostas essencialmente por quartzo-SiO₂ e caulinita-Al₂Si₂O₅(OH)₄, com anatásio-TiO₂, goethita-FeOOH e hematita-Fe₂O₃ em concentrações acessórias. Neste trabalho são mostrados apenas espectros difratométricos da amostra A1 (Figura 4), entretanto na Tabela 2, são mostradas as fases de todas as amostras estudadas.

Os espectros de DRX das amostras em geral mostram quartzo predominante ao longo do perfil, porém caulinita, com picos bem diferenciados ocorrem em maior proporção no topo do perfil. Goethita e anatásio ocorrem em menores proporções, sendo por vezes mascarados pelas fases dominantes, quartzo e caulinita.

Nos diferentes perfis de solo ocorrem poucas variações mineralógicas, como mostrado na Tabela 2. As variações em cor, de marrons avermelhadas a marrom escuras, bem como as texturas mosqueadas, concreções e crostas, pouco influenciam na composição mineralógica. Comparando com os solos do entorno da área intervida também estão constituídos por quartzo e caulinita, com goethita, hematita e anatásio, equivalente aos solos da região do entorno. Essa composição mineralógica demonstra que as

camadas desses perfis estudados correspondem aos sedimentos arenosos da Formação Barreiras.

Tabela 2. Composição mineralógica nos perfis estudados.

AMOSTRA	CAMADA DA AMOSTRA	FASES
A 1	A1 – 1 TOPO A1 – 2 CENTRO A1 – 3 BASE	Caulinita, quartzo, goethita, anatásio
A 2	A2 – 1 TOPO A2 – 2 BASE	Caulinita, quartzo, goethita, anatásio
A 3	A3	Caulinita, quartzo, goethita, anatásio, hematita
A 4	A4 – 1 TOPO A4 – 2 CENTRO A4 – 3 BASE	Caulinita, quartzo, goethita, anatásio

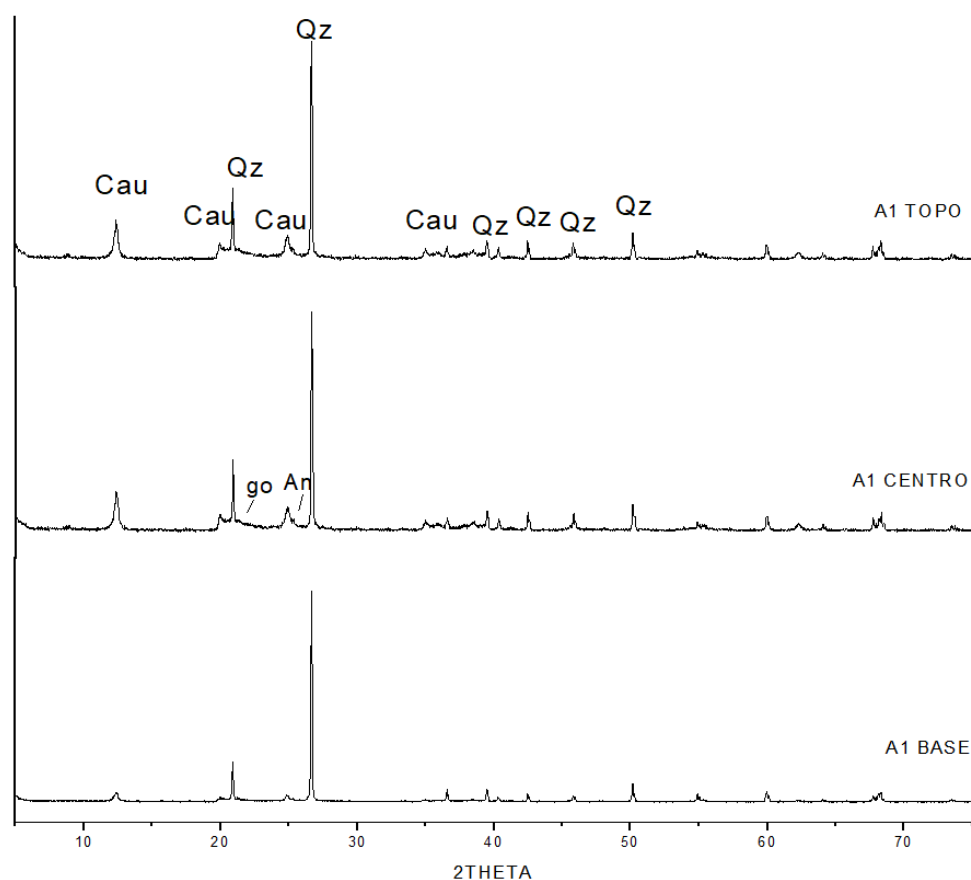


Figura 4. Difrátogramas de DRX do perfil da amostra A1, com a presença de caulinita (Cau), quartzo (Qz), goethita (Go) e anatásio (An).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química das amostras estudadas é mostrada na Tabela 3. Nesses resultados verifica-se teores de SiO₂ (47,83% (Amostra A1/Centro) a 59,52% (Amostra A1/Topo)), com teores ainda elevados de Al₂O₃ (19,66% (Amostra A1/Topo) a 27,91% (Amostra A1/Centro)) e relativamente

baixos de Fe₂O₃ (5,95 (Amostra A1/Topo) a 10,21% (Amostra A4/Topo)) e TiO₂ (1,73% (Amostra A1/Topo) a 3,15% (Amostra A3)). Os teores de K₂O, CaO, MgO e ZrO₂ são muito inferiores a 1,14% (0,11% a 1,14%) bem como SO₃ (0,20% a 0,46%). Ocasionalmente são observados teores de Nd₂O₃ e P₂O₅. O material volátil detectado pelo ensaio de Perda ao Fogo, variou entre 9% a 18%.

Tabela 3. Composição química das amostras de solo.

	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	ZrO ₂ %	Nd ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	PF %	Total %
AMOSTRA A1													
Topo	59,52	19,66	5,95	1,73	0,69	0,8	0,56	0,11	—	0,15	0,3	10,53	100
Centro	47,83	27,91	8,41	2,77	1,12	0,25	0,79	0,16	—	—	0,26	10,49	100
Base	49,34	27,9	7,99	2,86	1,14	0,26	0,77	0,15	—	—	0,26	9,33	100
AMOSTRA A2													
Topo	52,57	23,31	7,07	2,44	0,76	0,54	0,68	0,14	—	0,38	0,46	11,66	100
Base	48,75	24,07	8	2,77	0,88	0,74	0,66	0,15	0,1	0,62	0,46	12,8	100
AMOSTRA A3													
	49,07	27,49	8,2	3,15	1,14	0,21	0,83	0,16	—	—	0,2	9,55	100
AMOSTRA A4													
Topo	49,99	23,65	10,21	2,41	0,63	0,86	0,7	0,18	—	0,29	0,31	10,77	100
Centro	48,42	26,18	9,42	2,64	0,96	0,42	0,68	0,15	0,1	0,18	0,22	10,63	100
Base	48,27	20,95	6,49	2,36	0,6	1,28	0,7	0,17	—	0,2	0,51	18,47	100

Os teores químicos das amostras do solo da residência intervida são comparáveis aos valores encontrados nos solos da região de Barcarena e da maioria dos depósitos da região amazônica (COSTA, 1991; HORBE e COSTA, 1999; BRAGA, 2010). Apenas os teores de Perda ao Fogo do solo em questão estão mais elevados que os solos do entorno.

Com base nesses dados, infere-se que as amostras coletadas apresentam valores no perfil, relativamente homogêneos dentro

dessa escala intervida. O solo local da área de disposição com matéria orgânica está constituído principalmente de SiO₂ e Al₂O₃ em maiores proporções, além de Fe₂O₃ e TiO₂ em menores proporções e desprovido de álcali e fósforo, isto é, quimicamente equivalente aos materiais dos perfis de outros estudos (VIEIRA e SANTOS, 1987; BRAGA, 2010) e que corresponde aos latossolos e argissolos regionais.

A diferença dos solos estudados é a ocorrência de material volátil sendo que os resultados mostraram valores

desde 9% a 18 %, bem maiores que os estudo de Braga (2010) em que evidenciava menor que 8% em solos de Barcarena.

A presença de componentes voláteis, no solo estudado está relacionada com os processos de humificação e intemperismo químico de minerais formadores de rochas (TOLEDO *et al.*, 2009), bem como a deposição de resíduos orgânicos ao longo do tempo. Essa matéria orgânica sugere que seja proveniente dos resíduos de açaí despejados no solo, bem como que esteja diretamente associada com a

inclusão de outros materiais voláteis (água, gás carbônico, serragens, por exemplo).

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Os ensaios granulométricos mostram que os quatro perfis de solos apresentam ser mais arenosos do que siltico-argilosos (Figura 5). As curvas granulométricas têm poucas variações, entretanto são distintas ao longo do perfil. Observa-se que, em geral, o perfil dos solos está constituído por material pedregulho-arenoso, e em menor proporção frações siltico-argilas.

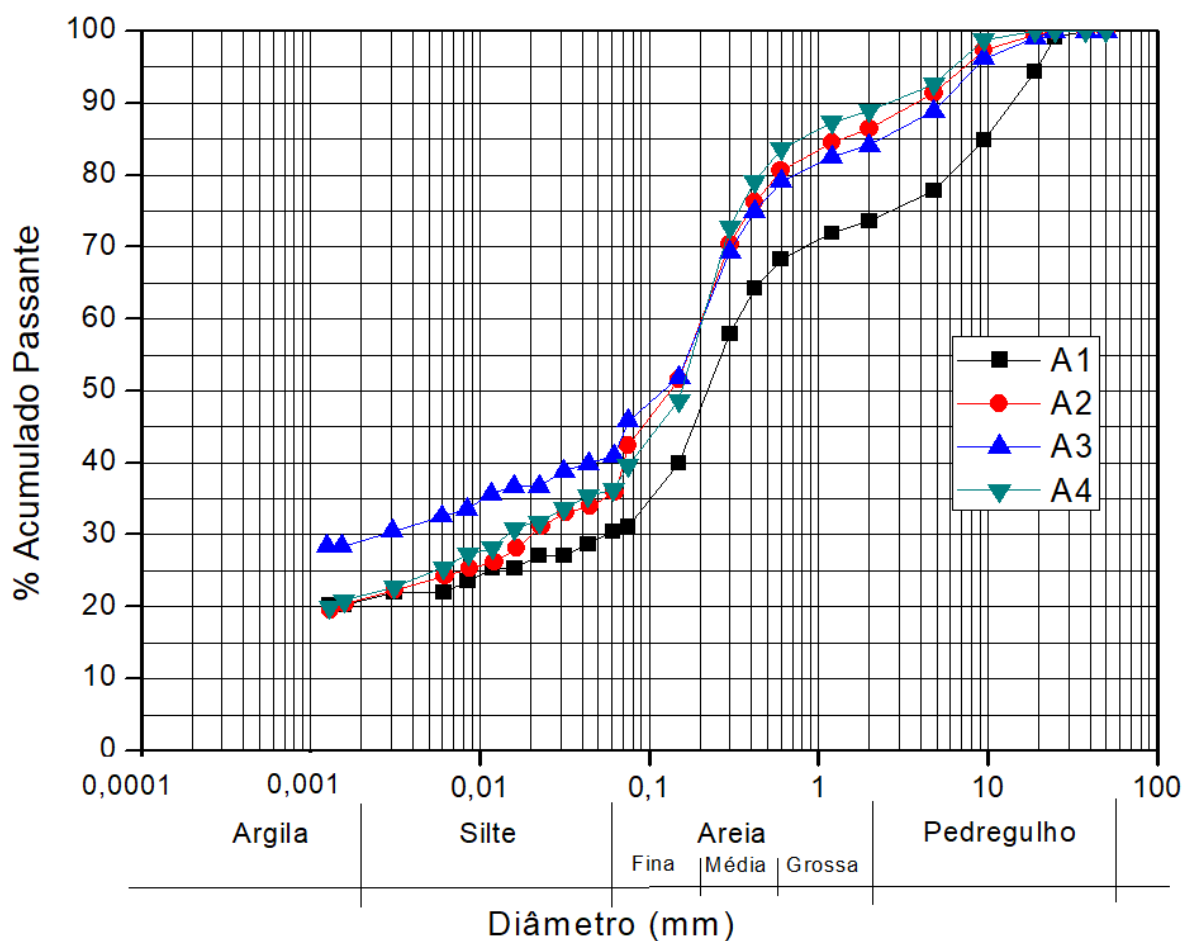


Figura 5. Curvas granulométricas das amostras A1, A2, A3 e A4.

Pedregulhos presentes no solo são encontrados nas margens dos rios, em depressões preenchidas por materiais transportados pelos rios ou até mesmo em uma massa de solo residual. A presença de pedregulho com média de 17% (Tabela 4) na área residencial perto de Igarapé e rio deve ser registrada como qualificativo da classe textural.

As partículas das areias correspondem cerca de 50%, sendo 45% a areia média e fina (Tabela 4). Mostram ser arredondados a subangulares característicos das areias transportadas por rios ou pelo vento. As camadas desses solos superficiais

constituídas de solos arenosos são permeáveis, não restringindo a percolação dos efluentes do material orgânico em direção às camadas mais profundas do solo.

A fração silte em torno de 13% do solo, é menor quando comparada com as outras frações (Tabela 4). Por possuírem granulação fina, apresentam pouca ou nenhuma plasticidade e baixa resistência quando seco.

A fração argila com média de 24% (Tabela 4), pode caracterizar o solo com plasticidade marcante, isto é, possui a capacidade de se deformar sem apresentar variações volumétricas e elevada resistência quando seca.

Tabela 4. Características texturais e limites de Atterberg das amostras.

Amostra	Pedregulho %	Areia Grossa %	Areia Média %	Areia Fina %	Silte %	Argila %	LL	LP	IP
A1	27	7	21	17	8	22	32	26	6
A2	14	6	22	22	15	21	-	40	-
A3	16	5	21	18	12	29	-	26	-
A4	11	5	26	22	15	22	-	60	-

LIMITES DE ATTERBEG

Os resultados para o Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Índice de Plasticidade das amostras analisadas são apresentados na Tabela 4. Das quatro amostras consideradas neste estudo, apenas na amostra A1, foram atingidos os dados dos limites de Atterberg, requeridos pelas normas. O limite de liquidez da amostra A1 corresponde a uma média de 32%, o limite de plasticidade apresentou resultado com média de 38%. O índice de plasticidade obteve percentual de 6% encontrando-se entre $1 < IP < 7$ e

corresponde a um solo Pouco Plástico (CAPUTO, 2012).

O valor médio de LP, verificado para a área intervida, varia significativamente entre 26% a 60% com média de 38%, assim o solo se encontra no estado plástico, reduzindo sua resistência mecânica à compactação. Em valores de $LP < 29\%$ abaixo dessa umidade, o solo se encontra no estado friável, logo, de uma maneira bem simples, é recomendável que as práticas mecanizadas na área intervida, sejam realizadas quando o solo estiver com umidade inferior a 29%, com vistas a evitar o processo de compactação do

solo e seus efeitos danosos. Nesse perfil apenas as amostras A1 e A3 podem ser consideradas para essa prática.

Os limites de Atterberg claramente estão influenciados pela textura do solo, ou seja, a fração de argila com menores proporções afeta os valores de LL e LP. Quanto maior for a porcentagem da fração argila no solo, maior influência terá sobre o do limite de liquidez e vice-versa (SOUZA *et al.*, 2000; RIBEIRO e SOUZA (2018).

A fração de areia não é plástica, portanto, quanto mais arenoso for o solo, menor sua plasticidade (LP) e mais facilmente atingirá o estado líquido, ou seja, menor será o valor de LL, isso pode ter ocorrido devido ao predomínio de argilominerais com menor superfície específica, que diminuem a capacidade da fração argila de interagir com a água e reduzem o efeito lubrificante desta, não ocorrendo o deslizamento das partículas finas uma sobre as outras, o que reduz o IP do solo.

É provável que a presença de matéria orgânica como o açaí presente nos solos influencia fortemente os valores de LP em comparação aos valores de LL dos solos, promovendo ao aumento dos valores de IP (SILVA e MIRANDA, 2016).

O SOLO RESIDENCIAL PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Pela análise efetuada e segundo a norma NBR- 6502/1995, o solo pode ser tipificado como areia argilosa-siltica com pedregulho. O fato desse solo ter predominantemente textura arenosa

evidencia a instabilidade do material sedimentar da várzea, determinada por valores elevados da fração areia. Dentre as areias, as classificadas como média e fina predominam. Quanto maior o valor de areia mais elevada à suscetibilidade dos solos em serem erodidos (GUERRA, 1996). O solo residencial contém o argilo-mineral caulinita o que torna o mesmo pouco plástico, portanto, será pouco expansivo e com pequena capacidade de troca catiônica (CHAVES e GUERRA, 2006).

A caulinita bilaminar do solo estudado, apresenta menor capacidade de adsorver íons e água, quando comparado com as esmectita trilaminares que apresentam capacidade de absorver maior volume de íons e água, consequentemente, a caulinita é muito menos expansiva do que a esmectita afetando a plasticidade do solo. Entretanto, não foram identificadas esmectitas e ilitas nos solos, embora seja muito ocorrente em solos de várzea, embora ocorram menores teores de K e Ca ao longo do perfil das amostras de solo.

O solo residencial abordado neste trabalho, composto de pedregulhos e areias em maior proporção (partículas grossas), individualmente soltas, no estado seco não se aderem uma à outra (somente se apóiam entre si) e são altamente permeáveis. Isso se deve ao fato de existirem, entre as partículas, espaços vazios relativamente grandes e intercomunicados entre si. Dessa forma, é um solo não coesivo, em estado seco, porém o solo está composto também por partículas muito finas que,

individualmente, favorecem à adesão entre elas e produzindo coesão.

Os espaços vazios entre as partículas são muito pequenos devido a sua estrutura esses solos apresentam resistência à penetração de água, absorvendo-a muito lentamente. Entretanto, uma vez que tenha conseguido penetrar no solo, a água também encontra dificuldade para ser extraída do interior do mesmo. Esses tamanhos conferem ao solo residencial uma mistura de partículas com predominância dos tamanhos de maior granulometria e menor dos grãos finos com outros de maior granulometria. O solo residencial então terá comportamento diretamente relacionado à percentagem de partículas finas existentes, em relação às partículas grossas.

Essas partículas tendem a agrupar-se dificultando uma redistribuição natural entre elas, individualmente. Os tamanhos de grão mistos ao receberem água podem provocar um solo plástico, podendo apresentar maior grau de estabilidade quando secos. Entretanto os dados obtidos de frações elevadas de areia e argila não são compatíveis aos outros estudos (LIMA *et al.*, 2005) onde os solos de várzea normalmente apresentam teores elevados de silte e de areia fina.

A correlação entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade do solo estudado, contribui na avaliação do solo residencial para uso em construção civil (MBAGWU e ABEH, 1998; SOUZA *et al.*, 2000). Esses

limites de Atterberg do solo estudado estão afetados pelos conteúdos de areia e argila principalmente, na medida em que menor o conteúdo de argila do solo, diminuem os valores do índice de plasticidade; dessa forma, quanto menor é a relação da superfície total das partículas de argila em relação ao seu volume, menor número de moléculas de água é capaz de absorver e, por conseguinte, serão mais baixo os valores dos limites de Atterberg.

Em solos de textura com predominância de frações mais grosseiras, como é o caso das amostras analisadas, deve ocorrer maior aeração e maior aquecimento o que pode favorecer a decomposição da matéria orgânica, o que justifica os valores observados.

Verifica-se que as maiores concentrações de matéria orgânica estão na camada superficial. Trindade *et al.* (2009) relatam que, geralmente são encontrados maiores teores de matéria orgânica nas camadas mais superficiais dos solos devido ao equilíbrio existente entre a deposição de restos de vegetação e outros materiais orgânicos e ação microbiana na decomposição destes.

CONCLUSÃO

O solo estudado apresentou a predominância do mineral quartzo e caulinita associados a anatásio, goethita e hematita em concentrações acessórias. Possuem elevados teores de SiO_2 e Al_2O_3 presentes em estruturas das fases não argilosas e argilo-

minerais semelhante aos dos solos lateríticos da região de Barcarena, somada à presença de abundante matéria orgânica, como parte do caroço de açaí.

O solo, em relação à viabilidade técnica e ambiental para emprego em construção civil, é rico em SiO_2 e Al_2O_3 e pobre em Fe_2O_3 e TiO_2 .

Localizado em áreas de várzea, o solo analisado é abundante em quartzo e caulinita, sendo a argila um mineral não expansivo, o que não permite a retenção de água em todos os perfis analisados. As texturas do tipo franco argilosa siltosa, expressas por valores elevados, estabelecem riscos e índices de vulnerabilidade à erosão pela ação da água.

A presença de pedregulho e areia, com 65%, na área residencial intervida, mostra um importante registro qualificativo da classe textural, como solo com pedregulho ou areia argilosa. Pode-se inferir que esse solo possui uma alta capacidade em absorver a água e os íons sem que haja expansão do solo.

O solo muito arenoso apresentou menor limite de liquidez devido a menores percentagens da fração argila no solo.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 1, mai./1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1984. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986. Atualizada em 2016.

_____. **NBR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**, 1968.

_____. **NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo com retirada de amostras deformadas e indeformadas**, 2016.

BRAGA, R. M. Q. L. **A utilização de uma camada de solo compactado como revestimento impermeabilizante de fundo de bacias de disposição de lama vermelha produzida em Barcarena-PA**. 2010. 172f. Tese (Doutorado na área de Geoquímica

e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1, 244p.

CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. **Solos Agrícolas**. Campina Grande: EDUEFCG, 2006. 178p.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p.146-160, jun./1991

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. PRO 002: Coletas de amostras indeformadas de solos. 1994.

_____. DNER - ME 080/94: Solos – Análise granulométrica por peneiramento. 1994.

_____. DNER – ME 041/94: Solos preparação de amostras para ensaios de caracterização. 1994.

_____. DNER – ME 051/94: Solos – Análise granulométrica. 1994

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. DNIT 108 – ES: Terraplanagem – Aterros – Especificação de serviços.

Rio de Janeiro, 2009.

FAJARDO, J. D. V.; SOUZA, L. A. G; ALFAIA, S. S. *Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas*. Revista Acta Amazônica. v. 39, n. 4, p.731-740, 2009.

GOOGLE MAPS. Disponível em < <https://www.google.com/imghp?hl=pt-pt>>. Acesso em 19 de Abril de 2021.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO R. G. M. *Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos*. Anuário do Instituto de Geociências – v.19, 1996

HORBE, A. M. C.; COSTA, M. L. *Relações Genéticas Entre Latossolos E Crostas Lateríticas Aluminosas E Alumino-Ferruginosas Na Região De Paragominas, Pará*. Revista Brasileira de Geociências. v. 29, n.4, p.497-504, dez./1999.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. *Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação*. Acta Amaz., v.35, p.317-330, 2005.

MAGALHÃES, R. C. *Análise da relação entre espaço urbano e saneamento básico em Belém-PA sob a perspectiva*

da sociedade civil. Revista Engrenagem, n.9, p. 76 - 90, 2015.

MARCELLI, M. *Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras*. São Paulo: Pini, 2007.

MBAGWU, J. S. C.; ABEH, O. G. *Prediction of engineering properties of tropical soils using intrinsic pedological parameters*. Soil Science, Baltimore, v.163, n.2, p.93-102, 1998.

RIBEIRO, K. D.; SOUZA, L. K. *Limites de atterberg e sua correlação com a granulometria e matéria orgânica dos solos*. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v.12, n.2, p.185-196, 2018

ROSSETTI, D. E; TRUCKENBRODT, W.; GOÉS, A. M. *Estudo Paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras na Região Bragantina, nordeste do Estado do Pará*. Belém: Emílio Goeldi, 1989.

SANCHES, S. I. D. P. *Reforço de solos moles de fundação de aterro em Deep Soil Mixing: Modelação de caso de estudo*. 2012. 212f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2012.

SILVA, A.S.; LIMA, A. C. M; ALBUQUERQUE, M. V. V.; BELLO, L.

A. L. Avaliação da sustentabilidade do manejo e destino final dos resíduos urbanos do distrito de Murucupi – Barcarena/PA. Revista Engrenagem, n.8, p. 78 - 92, 2015, 2014.

SILVA, M. J. R.; MIRANDA, J. B. *A matéria orgânica e sua influência nas frações granulométricas do solo e nos limites de Atterberg*. In: I Congresso Internacional de Ciências Agrárias. 2016. Disponível em <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2016/12/INFILU%C3%8ANCIA-DAMAT%C3%89RIA-ORG%C3%82NICA-NOS-LIMITES-DE-ATTERBERG.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2020.

SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L; VIEIRA, L. B. R. *Determinação do limite de liquidez em dois tipos de solo, utilizando-se diferentes metodologias*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.460-464, 2000.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. *Da rocha ao Solo – Intemperismo e pedogênese*. In: TEIXEIRA, W. et al. (org.). *Decifrando a Terra*. 2ª ed. São Paulo: IBEP Editora Nacional-Conrad, 2009. Cap. 8. 620p.

TRINDADE, R. S.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. *Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 115-124, 2010.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P. C. T. C.
Amazônia: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1. A Revista ENGRENAGEM adota as normas de documentação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os artigos devem ser elaborados no formato de texto, com extensão.doc, em folha no formato A4, com 3 cm de margens superior e esquerda e 2 cm de margens inferior e direita. Com o total de **20 (vinte) páginas, no máximo**.

2. Após a seleção dos artigos, os autores deverão preencher e assinar o termo de cessão de direitos autorais (solicitar modelo ao Conselho da Revista, via e-mail) do artigo a ser publicado e enviá-lo para o Conselho Editorial da Revista Engrenagem IFPA – Campus Belém (Endereço: Av. Almirante Barroso, 1155 – Marco – Belém/PA – CEP 66.093-020).

3. **A folha de rosto** (coluna única) deve conter, na seguinte ordem:

3.1. título em português, em negrito, não devendo exceder a 2 linhas, justificado, entrelinhas simples, a primeira letra em caixa alta (as demais somente quando necessário) e fonte arial (para todo o artigo), corpo 14;

3.2. título em inglês, em itálico, compatível com o título em português, seguindo a mesma formatação e separado deste por uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples);

3.3. nome de cada autor (**máximo quatro**), em corpo 10 e negrito, justificado, com entrelinhas simples, seguido, na linha imediatamente abaixo, da afiliação institucional e titulação por ocasião da submissão do trabalho, mantendo uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples) entre o título em inglês e o nome do primeiro autor bem como entre o nome do último autor e o Resumo. Manter, também, uma linha em branco entre os nomes dos autores (corpo 10 e entrelinhas simples). Endereços residencial e eletrônico somente do autor principal, antecedidos das expressões em negrito “**Endereço:**” e “**E-mail:**”;

3.4. resumo, com título grafado em corpo 10, negrito, justificado e caixa alta (RESUMO), com conteúdo redigido em parágrafo único, corpo 10, espaço simples, alinhamento justificado e Palavras-chave (mínimo 3 e máximo 5) separadas por ponto, grafadas com as iniciais em caixa alta na linha imediatamente abaixo do resumo e antecedida pela expressão “Palavras-chave:” em negrito, corpo 10, justificado, mantendo-se uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas simples) entre as palavras-chave e o abstract;

3.5. **ABSTRACT** e **Keywords** (inglês), compatíveis com seus correspondentes em português, obedecendo à mesma padronização, mas grafados em itálico, inclusive o seu conteúdo.

4. **Texto** propriamente dito, em fonte arial, corpo 12 e entrelinhas 1,5, em duas colunas,

com espaçamento entre elas de 1,25 cm, contendo:

- 4.1. títulos das seções sem numeração, justificados, em caixa alta, negrito e entrelinhas simples. Os títulos das subseções devem obedecer ao mesmo padrão, mas sem negrito. Subdivisões menores também devem obedecer ao mesmo padrão dos títulos, mas apenas as iniciais em caixa alta e sem negrito. Evitar criar mais do que três níveis de divisão;
- 4.2. uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre o título das seções e subseções e o texto;
- 4.3. parágrafos alinhados a 1,25 cm da margem esquerda;
- 4.4. uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre o texto de cada seção ou subseção e o título da seção ou subseção seguinte;
- 4.5. referências em ordem alfabética, não numeradas, entrelinhas simples, corpo 12, justificadas, com entrelinhas dupla entre duas referências consecutivas, contendo todos os dados necessários à devida identificação das obras.

5. Citações bibliográficas, tabelas, quadros, figuras, siglas e abreviaturas, e fórmulas e equações, quando houver, devem obedecer à seguinte padronização:

- 5.1. citações bibliográficas feitas de acordo com as normas da ABNT (NBR 10520 – *Informação e Documentação - Citações em documentos - Apresentação*), adotando-se o sistema autor-data, sendo que, para citações diretas de mais de 3 linhas, adotar corpo 10, entrelinhas simples e recuo de 1,25 da margem esquerda;
- 5.2. tabelas, quadros e figuras, apresentados/inseridos após o parágrafo onde foram referenciados e o mais próximo possível, podendo ser editados em coluna única como forma de preservar a qualidade da imagem/informação;
- 5.3. tabelas em corpo 10, alinhadas à margem esquerda da página e abertas nas laterais, com cabeçalho em negrito. Sua identificação, exibida em cima, alinhada à esquerda, deve iniciar com a palavra **Tabela**, seguida do **número de ocorrência** no texto em algarismo arábico, seguido de ponto, ambos em negrito, com o texto que a identifique com a primeira letra em caixa alta (as demais somente quando necessária) e com ponto final (Exemplo: **Tabela 1.** Relação de coeficientes.). A referência da fonte de dados deve estar embaixo da Tabela, antecedida da palavra “**Fonte**” em negrito (Exemplo: **Fonte:** Oceanário de Lisboa (2014)). Ressalta-se que, quando se tratar de produção dos próprios autores, não é necessário informar a fonte. Deixar uma linha em branco (corpo 12 e entrelinhas 1,5 cm) entre a informação da Fonte e o texto na sequência, inclusive se for outra Tabela. Deixar também uma linha, com o mesmo padrão acima referido, entre o texto que vem antes da Tabela e a Tabela;
- 5.4. quadros em fonte 10 com os quatro lados fechados, seguindo a mesma padronização das tabelas, inclusive quanto a sua numeração e à grafia da palavra “**Quadro**” (Exemplo: **Quadro 1.** Cenário base.);

5.5. figuras (desenhos, fotografias, gráficos, mapas e plantas, esquemas, fluxogramas, organogramas, macrofluxos), identificação/título e fonte embaixo, obedecendo ao mesmo padrão de numeração e de grafia estabelecido para as tabelas, inclusive quanto à grafia da palavra “**Figura**” (Exemplo: **Figura 1.** Rodovia de pista simples.);

5.6. siglas e abreviaturas devem ser evitadas, pois dificultam a leitura. Quando necessárias, devem ser introduzidas entre parênteses, logo após o emprego do referido termo na íntegra por extenso, quando do seu primeiro aparecimento no texto. Exemplo: Região Metropolitana de Belém (RMB). Após a primeira alusão no texto, usar somente a sigla ou abreviatura nas citações seguintes;

5.7. fórmulas e equações numeradas, sequencialmente, e alinhadas à margem direita.

6. As Referências, além de obedecerem ao disposto no item 4.5., devem seguir o que estabelece a NBR 6.023 – *Informação e Documentação – Referências- Elaboração /* Ago. 2002), observando o seguinte:

6.1. no corpo do texto, quando diversos trabalhos forem citados no mesmo parágrafo, estes devem ser apresentados em ordem cronológica. Se houver mais de um trabalho do mesmo autor no mesmo ano, devem ser utilizadas letras para distingui-los. Exemplo: Coutinho (2003a), Coutinho (2003b), etc.;

6.2. no caso de trabalho de até três autores, seus sobrenomes na citação devem vir separados por vírgula e pela palavra “e”. Exemplo: Silva, Coutinho Neto e Assunção (2007);

6.3. no caso de mais de três autores, indicar apenas o sobrenome do primeiro autor, acrescentando a expressão *et al.* Exemplo: Coutinho Neto *et al.* (2008), sendo que, nas Referências, deve constar o nome de todos os autores. Outras palavras em latim, como *apud*, também devem ser grafadas em itálico;

6.4. nas Referências, o sobrenome dos autores deve vir em caixa alta. Exemplo: BELLEN, H. M.V.;

6.5. deve-se indicar, em itálico, o título do periódico (para artigos) ou o nome da obra (para capítulos de livro);

6.6. Quando houver duas ou mais referências do mesmo autor, a partir da segunda, esta deverá ser separada da anterior por espaço simples e uma linha de seis toques substituirá o nome do autor;

6.7. As notas não bibliográficas devem ser colocadas no rodapé em corpo 8, entrelinhas simples, ordenadas por algarismos arábicos e deverão aparecer imediatamente após o segmento do texto ao qual se refere a nota.

7. Os artigos publicados na REVISTA ENGRENAGEM têm como proprietário dos direitos autorais o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Belém. Desta forma, a reprodução total dos artigos desta revista em outras

publicações, ou para qualquer outra utilidade, está condicionada à autorização por escrito do Presidente do Conselho Editorial (Editor-chefe).

8. O presente documento encontra-se disponível em: <http://www.belem.ifpa.edu.br/engrenagem> .

O Conselho Editorial da REVISTA ENGRENAGEM está disponível nos seguintes contatos: Av. Almirante Barroso, n.º1.155 – Bloco “N”, piso superior - Marco – CEP 66.093-020 - Belém/PA; Fone (91) 3201-1723; E-mail: revista.engrenagem@ifpa.edu.br e sítio eletrônico: <http://www.belem.ifpa.edu.br/engrenagem>

SUMÁRIO

Editorial

Fabio Pacheco Estumano da Silva

Análise das ações do conselho estadual de recursos hídricos do estado do Pará, mandato 2016 - 2020, no período de 2018 a 2020

Analysis of the actions of the state council of water resources of the state of Pará, mandate 2016 - 2020, in the period 2018 to 2020

Jaqueline Maria Soares da Silva
Helisandra Vitória Menezes Pires
Jéssica Eutrópio Giliberti
Valdinei Mendes da Silva

Estudo comparativo entre controladores PID via síntese de Dahlin e DMC preditivo em um pêndulo amortecido

Comparative study between PID controllers via Dahlin synthesis and predictive DMC in a damped pendulum

Daniel Abreu Macedo da Silva
Matheus Moraes da Silva
Rejane de Barros Araújo

Formação histórica da educação profissional no Brasil: do surgimento da educação formal à criação dos Institutos Federais

Historical formation of professional education in Brazil: from the emergence of formal education to the creation of Federal Institute

Rodrigo Alves Chaves
Aloma Tereza Pinho de Vasconcelos Chaves

Modelo de Gross-Neveu

Gross-Neveu Model

William Santos Cunha
Leonardo Oliveira do Nascimento
João Paulo da Silva Alves
Charles da Rocha Silva

Experimentos de Física com materiais alternativos aplicados no projeto MUNDIAR

Physics experiments with alternative materials applied to the MUNDIAR Project

Marcos Adriano Barros da Costa
Matheus da Silva e Silva
Clivian Flavia Rodrigues Lobo Alves
Daniel Palheta Pereira

Avaliação de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de Física no ensino médio: revisão de literatura

Avaliation of low-cost experiments on Physics learning in high school: literature review

Hardiney dos Santos Martins
Paulo Diógenes de Souza Kanasiro

Núcleo de Difusão de Tecnologias: o papel da inovação e empreendedorismo no IFPA Campus Belém

Technology Diffusion Center: the role of innovation and entrepreneurship at IFPA Campus Belém

Ivo José Paes e Silva
Laércio Gouvêa Gomes

Caracterização mineralógica, física e química de aterro composto por caroço de açaí em uma área residencial de Barcarena/PA

Mineralogical, physical and chemical characterization of a soil composed of açaí lump and used as a landfill in a residential area of Barcarena/PA

Oscar Jesus Choque Fernandez
Jessyca Lima Ribeiro
Laércio Gouvêa Gomes

Instruções aos autores