

Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)

Engenharia elétrica e de computação

qualidade, produtividade
e inovação tecnológica

Atena
Editora
Ano 2024

Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)

Engenharia elétrica e de computação

qualidade, produtividade
e inovação tecnológica

Atena
Editora
Ano 2024

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Colégio Militar Dr. José Aluisio da Silva Luz / Colégio Santa Cruz de Araguaia/TO

Profª Drª Cristina Aledi Felseburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo

Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia elétrica e de computação: qualidade, produtividade e inovação tecnológica

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Fabrício Moraes de Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	<p>Engenharia elétrica e de computação: qualidade, produtividade e inovação tecnológica / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2482-6 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.826242406</p> <p>1. Engenharia elétrica. 2. Engenharia de computação. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título. CDD 621.3</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A Engenharia Elétrica e de Computação é uma área dinâmica, oferecendo oportunidades desafiadoras para os profissionais que tem disposição para projetar, analisar e implementar o desenvolvimento tecnológico e a melhoria da qualidade de vida da sociedade. De fato, pela qualidade, produtividade e inovação, essa área impulsiona o progresso em diversos setores: desde dispositivos nanométricos até infraestruturas complexas.

Em amplo espectro, no livro, são apresentadas diversas fundamentações teórico-práticos nos resultados obtidos pelos vários autores e coautores na elaboração de cada capítulo. Além disso, a Atena Editora oferece a divulgação técnico-científica com excelência, essencial para garantir o destaque entre as melhores editoras do Brasil.

Fabício Moraes de Almeida

CAPÍTULO 1 1

ANÁLISE DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA
PARA RADAR DE APROXIMAÇÃO TA-10SST DA FORÇA ÁREA BRASILEIRA

Felipe Coutinho de Souza
Fabrício Moraes de Almeida
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira
David Lopes Maciel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424061>

CAPÍTULO 248

CONSPECTO SOBRE A TEORIA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS
E APLICAÇÃO PRÁTICA EM ESTUDO DE CASO SOBRE PERDAS EM
TRANSFORMADORES ELÉTRICOS PORTÁTEIS

Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Ana Cláudia de Melo Oliveira
Denilson Gonçalves Pereira
Henrique Nunes de Santana
Anthony de Souza Matos Leão
Manoel Messias Araújo Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424062>

CAPÍTULO 375

ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS
A RED COMO GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA CIUDAD DE JULIACA

Juan Churata Huaraya
Huber Rony Hurtado Arhuata
Junior Torres Yucra
Vilma Sarmiento Mamani
Miguel Washington Soncco Vilcapaza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424063>

CAPÍTULO 484

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DOS TECNOLOGÍAS DE PANELES
FOTOVOLTAICOS EN ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA EN JULIACA

Junior Torres Yucra
Juan Churata Huaraya
Huber Rony Hurtado Arhuata
Vilma Sarmiento Mamani
Miguel Washington Soncco Vilcapaza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424064>

CAPÍTULO 593

APLICAÇÃO DE CÉLULA DE CARGA CALIBRADA COM ARDUINO UNO EM
ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE VIGAS DE CONCRETO

Gabriel Conte
Lorenzo de Giacometti Peruzzolo
Gustavo da Costa Borowski
Sabrina Elicker Hagemann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424065>

CAPÍTULO 6	106
10 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO MAIS UTILIZADAS Henderson Matsuura Sanches  https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424066	
CAPÍTULO 7	116
GAMIFICATION STRATEGIES AS FORMATIVE ASSESSMENT METHODS - A SYSTEMATIC REVIEW Manuel Larrosa Leandro Wives Virginia Rodés  https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424067	
CAPÍTULO 8	130
ARTE E DESIGN NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO SOCIAL E TECNOLÓGICA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO COM JOGOS ELETRÔNICOS André Marques Batista Maicon Jonathan Pereira Delforno Fabio Andrijauskas  https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424068	
CAPÍTULO 9	174
A ATUAÇÃO DE GOVERNOS SUBNACIONAIS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE INTEGRAÇÃO REGIONAL Adriano de Aguiar Ribeiro  https://doi.org/10.22533/at.ed.8262424069	
SOBRE O ORGANIZADOR	187
ÍNDICE REMISSIVO	188

ANÁLISE DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA PARA RADAR DE APROXIMAÇÃO TA-10SST DA FORÇA ÁREA BRASILEIRA

Data de aceite: 03/06/2024

Felipe Coutinho de Souza

Engenheiro Eletricista (UFRO); Sargento da Força Aérea Brasileira (FAB)

Fabrizio Moraes de Almeida

PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). Specialist in Production Engineering (FUNIP). Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Leader GEITEC — Federal University of Rondônia, Brazil. He was a ResearcherCNPq DTI - Level A

Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira

Master in Electrical Engineering. Professor at the Department of Electrical Engineering. University Federal District of Rondônia (UFRO), Brazil

David Lopes Maciel

Master of Science in Emergent Technologies in Education. MUST UNIVERSITY, MUST, EUA, Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO)

RESUMO: Um sistema ininterrupto de energia é caracterizado pela continuidade, confiabilidade e qualidade do fornecimento de energia. É sobre este sistema que o capítulo de livro se debruça. Para que uma carga crítica do sistema de proteção ao voo seja colocada em operação é necessário implementar um conjunto de infraestrutura que obedeça às recomendações de normas internacionais. Neste capítulo de livro são abordados os equipamentos que compõem essa infraestrutura, mostrando a importância e relevância destes no processo que requer segurança e confiabilidade do sistema. O Radar de Aproximação TA-10SST é o equipamento crítico mencionado, ele é de extrema importância para o controle de tráfego aéreo de aproximação num aeródromo. Garantir e manter a qualidade da energia para este equipamento é uma forma de manter a disponibilidade do sistema de proteção ao voo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia ininterrupta. Radar de Aproximação. Infraestrutura. Engenharia de Manutenção.

ENGINEERING OF MAINTENANCE FOR THE TA-10SST APPROACH RADAR ENERGY SYSTEM OF THE BRAZILIAN AIR FORCE

ABSTRACT: An uninterrupted power system is characterized by continuity, reliability, and quality of energy supply. This system is the focus of the thesis. To deploy a critical load of the flight protection system, it is necessary to implement a set of infrastructure that adheres to international standards. This work discusses the equipment that makes up this infrastructure, highlighting their importance and relevance in a process that requires safety and system reliability. The TA-10SST Approach Radar is the critical equipment mentioned; it is of extreme importance for the control of air traffic approach at an aerodrome. Ensuring and maintaining the quality of energy for this equipment is a way to keep the availability of the flight protection system.

KEYWORDS: Uninterrupted energy. Approach Radar. Infrastructure. Maintenance

INTRODUÇÃO

A “qualidade da energia elétrica” é um termo de busca incessante pelo sistema elétrico de potência e grandes consumidores, dentre eles as indústrias e as companhias de telecomunicações. Os fenômenos causadores dos distúrbios na rede elétrica são objetos de muitos estudos e projetos de desenvolvimento para adoção de medidas práticas e viáveis ao ponto de vista econômico.

Para os especialistas, a conceituação da perda da qualidade de energia é basicamente desvios qualquer que seja na forma de onda, magnitude ou frequência da tensão que cause falhas ou má operação em equipamentos elétricos. Haja vista que independente dos motivos que afetam a qualidade da energia, sabemos que os equipamentos e máquinas da atualidade são mais sensíveis aos distúrbios de energia, principalmente os que detêm controles microprocessados e eletrônica de potência (PAULILO, 2013).

Na esfera de consumidores, é possível corrigir estes problemas que podem ser extremamente danosos a equipamentos de telecomunicações, processadores de sinais como datacenters. Inevitavelmente, será necessário investir em outros equipamentos específicos com o objetivo de tratar a energia da concessionária que chega ao medidor, de forma a garantir continuidade, qualidade e confiabilidade da energia. No decorrer deste trabalho analisaremos o sistema de energia necessário para proporcionar um fornecimento ininterrupto e qualitativo para operação de um radar de aproximação aeroportuário.

Algumas abordagens históricas serão feitas para embasar a importância da segurança da aviação civil internacional e o quanto foi feito para que nos dias atuais houvesse um sistema padronizado e universal.

Objetivos

De forma geral, o foco é analisar as etapas de planejamento, implantação e manutenção do sistema seguro de energia que garante alimentação ininterrupta ao Radar TA-10SST. Já os objetivos específicos, são: Caracterizar e descrever os mecanismos de funcionamento do Radar TA-10SST; Descrever a importância da alimentação ininterrupta de energia elétrica; Analisar o planejamento de um sistema de energia para o Radar TA-10SST e demonstrar a implantação e processos de manutenção do sistema de energia elétrica.

Justificativa

Discutir sobre sistema de energia é de suma importância na análise do tipo de carga a ser alimentada. É preciso conhecer a filosofia de operação e funcionamento dos equipamentos a serem energizados para modelar um sistema que atenda suas demandas específicas. O presente trabalho tem justamente estes conceitos como objetivo, sobretudo da importância de um sistema ininterrupto de energia; em tempos onde a tecnologia avança, inovando a todo momento em defesa da qualidade e da eficiência energética na tentativa de construir um mundo sustentável.

Ao analisar a implantação de um sistema de energia, veremos a organização das etapas numa obra a qual pode ter um custo exagerado caso não tenha planejamento. Os conceitos de manutenção são importantes por justamente manterem as máquinas em bom estado de funcionamento e satisfatória confiabilidade, etapas que trarão longevidade e garantirão funcionamento adequado a essas máquinas, agregando valor ao sistema.

METODOLOGIA

Para atingir os objetivos esperados este estudo consiste em pesquisa aplicada de caráter descritivo, visando analisar as etapas de planejamento, implantação e manutenção de sistema de energia ininterrupto. Através de tratamento qualitativo da base de dados secundários, como livros, trabalhos acadêmicos e artigos científicos. Para compreender a importância das ações mantenedoras que contribuem para durabilidade e expectativa de continuidade prolongada do sistema.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sistemas de energia

No contexto histórico, de acordo com Cavalcanti et al. (2018) na segunda metade do século XVIII, ocorreu uma série de mudanças econômicas, sociais e tecnológicas o que provocou mudanças em vários países europeus e acabou alterando a relação entre as sociedades humanas. Uma das consequências dessas mudanças foi a promoção do desenvolvimento de novas tecnologias, por isso, a energia elétrica é considerada um marco no processo de desindustrialização e produção de conhecimento. Cavalcanti et al. (2018, p. 864).

Para Morais (2015, p. 25), “A energia solar, hidrelétrica, nuclear, eólica e outras energias convertidas em energia elétrica tornaram-se recursos indispensáveis para o desenvolvimento social e econômico de muitos países”.

Portanto, à medida que ocorriam avanços tecnológicos na geração e transmissão de energia, observavam-se áreas antes pobres e desabitadas, transformando-se em grandes centros urbanos e industriais. Bueno e Brandão (2016) comentam que no Brasil, a grande maioria da energia gerada é por hidrelétrica. Contudo, em períodos de baixa hídrica, não é possível manter turbinas em operação, então são acionadas usinas termoelétricas para compensar este déficit na geração hidrelétrica. Entretanto, de modo geral, pode-se afirmar que há uma forte dependência das hidrelétricas e do armazenamento de água. Diniz (2019, p.11) ratifica isto, dizendo: “o Brasil construiu uma matriz elétrica dominada por hidrelétricas”.

Sistema Elétrico de Potência - SEP

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é um conjunto de equipamentos e instalações responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição do consumidor. Neste conjunto fazem parte geradores, transformadores, subestações, linhas de transmissão, redes de distribuição, proteções e controle (NR-10, 2004).

Em relação à distribuição de energia, Gouvêa (2019) afirma que as concessionárias de distribuição de energia possuem responsabilidade de distribuir a energia dentro de suas áreas de concessão à revelia. Além disso, as também têm que as finalidades de responsável pelo gerenciamento do sistema de distribuição. Portanto, a concessionária de energia é responsável por manter a qualidade do fornecimento de energia e a manutenção do sistema elétrico.

Lorca (2018) menciona sobre os níveis de tensão, que de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) eles foram determinados e devem ser respeitados pela concessionária para garantir o bom funcionamento do sistema de distribuição. Como resultado, a administração Estadual de Eletricidade estabeleceu regras básicas para regular

a excelência dos serviços de distribuição de energia. Por fim acrescenta Lorca (2018, p. 1) “esses níveis são indicadores de qualidade e podem ser considerados adequados, voláteis ou críticos”.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), no documento II intitulado “Procedimentos para Distribuição dos Sistemas Elétricos Nacionais” (PRODIST), estes níveis podem ser classificados da seguinte forma: Alta tensão de distribuição (AT): valor eficaz da tensão entre as fases correspondentes entre 69 kV até 230 kV. Média tensão de distribuição (MT): valor eficaz da tensão entre as fases correspondentes entre 1 kV até 44 kV. Baixa tensão de distribuição (BT): valor eficaz da tensão entre as fases inferior ou igual a 1 kV.

Buscando parâmetros de qualidade e continuidade de fornecimento atendam às exigências, a Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420 - Edição 23 - Março 2020 - Página 3 de 21 Distribuição de Energia Elétrica Carga Excessiva para as Empresas, Manual de Procedimentos de Distribuição - PRODIST (ANEEL, 2018) define por meio do módulo 8 a qualidade de fornecimento de energia pelas concessionárias de energia elétrica.

CONCEITOS DE PLANEJAMENTO

Segundo Nócera (2010), podemos definir um projeto como uma tarefa executada dentro de um plano, esboço ou escopo específico do risco de trabalho. Porém, com o uso, o termo projeto passa a englobar uma série de ações, atividades, recursos físicos e humanos.

Vargas (2005) revisou as mudanças ocorridas, e a indústria da construção civil tem sido um dos ramos mais modificados substancialmente nos últimos anos. À medida que a competitividade aumenta, a globalização do mercado, a necessidade de edifícios mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias, o grau de exigência dos clientes, todos esses fatores levam as empresas a perceberem que é extremamente importante investir em gestão e controle de processos.

Dessa forma, os processos de planejamento e controle passam a ter um papel fundamental nas empresas, pois têm grande influência no resultado do produto final. No entanto, não basta planejar, não basta definir antecipadamente os métodos, prazos e recursos a serem utilizados sem monitorar as atividades e comparar os resultados reais com os planejados. Portanto, segundo Nócera (2010), o planejamento pode ser dividido em quatro etapas:

- **Planejar:** Nesta primeira parte, o objetivo da equipe de planejamento do trabalho é atender a lógica construtiva do negócio, criando tempo e alvo físico. **Projeto de Pesquisa:** Inclui análise de projeto, acesso técnico aos locais de trabalho e identificação de distúrbios.

- Método de Definição: Envolve a definição do processo construtivo, o plano de execução da obra, a sequência das atividades, a logística de recebimento de materiais e equipamentos.

Gerar programações e cronogramas: Isso é para coordenar as informações para que o trabalho tenha um cronograma razoável. Essa etapa deve levar em conta a quantidade e a produtividade empregadas no orçamento.

- Desempenhar: Essa fase é a concretização do plano, onde tudo planejado no papel vai para a prática da realização física. Notificação: Corresponde a explicar a todos os participantes do projeto o método a ser utilizado, a sequência das atividades e a duração prevista de cada projeto. Atividade de execução: Inclui a realização física do plano. Para gerenciar adequadamente um negócio, é necessário saber o que é programação funcional no local que serão usados manequins e na direção dos artistas.
- Checar: Essa etapa é a aferição do que foi planejado com o que foi efetivamente realizado. Essa função de verificação consiste em comparar o previsto com o realizado e apontar as diferenças referentes a prazo, custo e qualidade. Avaliação do trabalho concluído: Esta etapa inclui uma pesquisa de campo de trabalho concluído durante o período. Para determinar se um atraso é temporário ou contínuo, todas as informações que possam ajudar a descobrir o atraso devem ser coletadas e disponibilizadas. Informações sobre se o atraso foi temporário ou permanente, quanto tempo foi e quanto se desviou do planejado precisam ser anotadas.
- Agir: Quando há desvio nos resultados do trabalho de campo, o planejamento deve ser ajustado. Quanto mais tempo demorar para detectar o motivo do desvio, maior será o buraco no planejamento. A razão para o desvio deve ser encontrada e avaliada. Na indústria da construção, o ciclo PDCA (também chamado de Plan-Do-Check-Act) é usado com muita frequência, ele é mais conhecido como ciclo de planejar, fazer, verificar e agir. O ciclo de vida de um projeto é dividido em etapas que representam os diferentes períodos de existência do projeto. Todo projeto tem uma data de início e término, e quando essas datas são atingidas, os objetivos do projeto foram alcançados (Nocera, 2010).

Um projeto envolvendo engenharia deve passar por uma progressão lógica para desenvolver o produto final. Vargas (2007) mostra como funciona o ciclo de vida de um projeto, afirmando que o nível de esforço do projeto começa quase em zero, depois aumenta até atingir um valor máximo, depois começa a diminuir repentinamente até chegar a zero, que é o fim do projeto. O ciclo de vida de um projeto é bem explicado a seguir, onde mostra quais fases do projeto requerem recursos humanos, materiais e recursos financeiros adicionais.



Figura 1 – Etapa de um planejamento / projeto

Fonte: Mattos (2010)

PERT CPM

PERT (Técnica de Avaliação e Revisão do Programa) e CPM (Método do Caminho Crítico) são ferramentas muito conhecidas em gerenciamento e planejamento de projetos (Zhu e Heady, 1994).

Segundo Cyrino (2017), essas técnicas foram desenvolvidas de maneira independente na década dos anos 50, entretanto, por serem muito parecidas, o termo PERT/CPM foi genericamente utilizado como uma única técnica. O PERT foi criado pela NASA com a finalidade de controlar o tempo e a execução de tarefas. O CPM foi criado pela Dupont, uma empresa norte-americana e tinha finalidade de realizar paradas de manutenção no menor tempo possível para recursos constantes.

Para Mattos (2010), os diagramas PERT/CPM admitem a indicação de relações lógicas de precedência entre as inúmeras atividades de um projeto e que seja determinado o caminho crítico, ou seja, a sequência de atividades que, se porventura sofrer atraso em alguma de suas componentes, irá refletir transmitindo ao término do projeto. Pode-se identificar as datas (mais cedo ou mais tarde) em que cada atividade será iniciada, bem como as folgas que elas possuem através de cálculos numéricos.

MANUTENÇÃO

Segundo a NBR 5462 (1994), manutenibilidade é a capacidade de manter ou recolocar um item em funcionamento exercendo suas funções previstas através de procedimentos e meios prescritos.

O planejamento para manutenção de equipamentos pode impactar significativamente o desempenho de um sistema de energia. Porém, o grande desafio para desenvolver o planejamento de manutenção hoje, é saber identificar quando e de que forma pode ser

realizada interferências em determinados equipamentos. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção precisa estar voltada para contribuir não apenas para ser eficiente, mas, para se tornar eficaz no processo de implantação e desenvolvimento dos objetivos almejados dentro das organizações.

Para Gaio (2016), a engenharia de manutenção é uma forma adotada de gestão de manutenções, no sentido de consolidar uma rotina e adotar uma política de melhorias contínuas nas atividades de manutenção. Kardec e Nascif (2009), ressalta que é de responsabilidade da engenharia de manutenção aumentar a confiabilidade, a disponibilidade e a segurança dos equipamentos; buscar novos projetos, elaborar planos de manutenção e inspeção, fazer análise de falha e ainda garantir a capacitação da equipe.

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2009), na manutenção de equipamentos, a interferência pode ocorrer de diversas formas. Dentre as formas existentes, são destacados alguns tipos no diagrama apresentado abaixo:

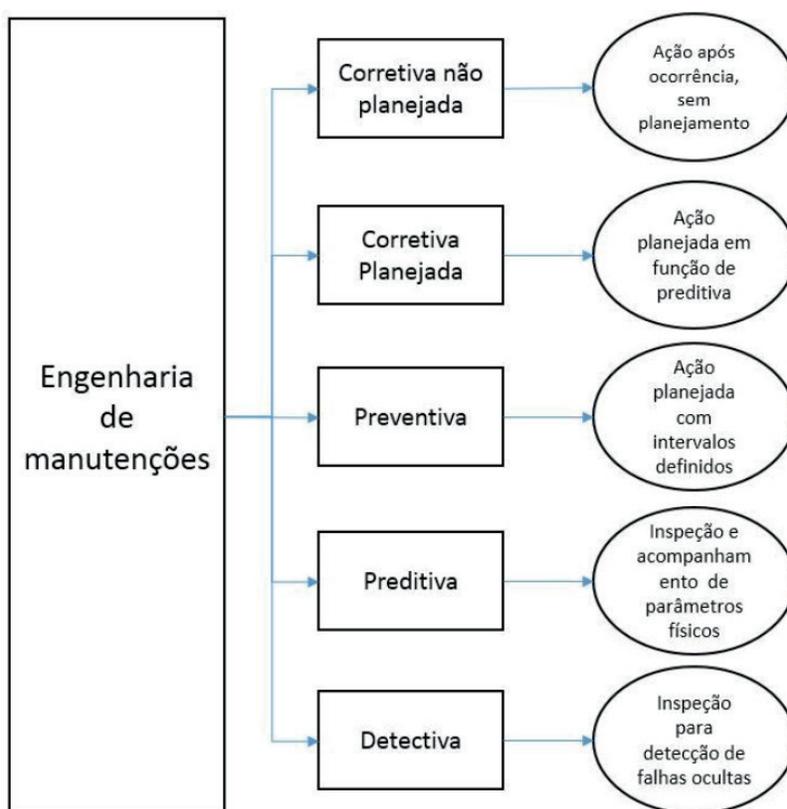


Figura 2 — Diagrama dos tipos de manutenção

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

A manutenção corretiva e não planejada é a forma mais simples de manutenção. É caracterizada basicamente em deixar instalações e equipamentos funcionarem até a falha. Para isso, o trabalho de manutenção dessa falha, é realizado apenas após a “quebra” do equipamento, sem acompanhamento necessário e até mesmo sem um planejamento prévio. O que implica em custos altos e baixa confiabilidade, já que pode gerar danos imprevisíveis ao equipamento, até mesmo em alguns casos, irreversíveis (OTANI; MACHADO, 2008).

A manutenção corretiva planejada é aplicada geralmente quando há uma intenção de conserto. São aquelas manutenções realizadas a fim de eliminar em alguns casos, uma falha encontrada ainda em estágio inicial. Para isso, planeja-se um melhor período para ser realizado esse tipo de atividade, ou até mesmo, logo após a falha do equipamento.

Já a manutenção preventiva, requer um planejamento prévio, a fim de decidir o melhor momento para a parada forçada e a realização das ações de adequação. Segundo Duarte (2018) essa manutenção apresenta uma melhor eficácia quando os intervalos de tempo estão determinados. Assim, obedecendo a um plano previamente elaborado (KARDEC; NASCIF, 2009).

A manutenção preditiva por sua vez, é um tipo de manutenção recente. Onde só passou a ser considerada como uma importante ferramenta de produtividade a partir de 1970, conforme destaca Pinheiro (2018). É o tipo de manutenção que se faz necessário o acompanhamento e análise de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, buscando identificar o momento mais adequado para interferências, permitindo a continuidade do equipamento pelo máximo de tempo possível. De acordo com Otani e Machado (2008) o termo preditivo deriva do fato de prever as condições em que se encontra o equipamento.

A manutenção detectiva, ainda mais recente que a preditiva, busca a identificação de falhas ocultas, as quais não são facilmente ou inicialmente percebidas. Para Kardec e Nascif (2009) esse tipo de manutenção aumenta a disponibilidade e durabilidade dos equipamentos, selecionando os componentes mais indicados para segurança do sistema operacional.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou a instalação tão rápida quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. Pode-se dizer que uma manutenção estratégica deve ter reflexo nos resultados operacionais em algum ou alguns dos seguintes aspectos:

- Aumento da disponibilidade;
- Aumento do faturamento e do lucro;
- Aumento da segurança pessoal e das instalações;
- Redução da demanda de serviços;
- Redução de custos;
- Redução de lucros cessantes;
- Preservação ambiental.

Engenharia de manutenção

Segundo Onnze Engenharia (s. d.) grupamento oriundo de dentro da estrutura da manutenção, iniciando na década de 1990. Possui as principais atribuições:

- a. Controlar os Padrões e Procedimentos de Trabalho da Manutenção;
- b. Gerenciar os planos de inspeção, manutenção preventiva e preditiva;
- c. Incorporar novas tecnologias de inspeção e manutenção preditiva;
- d. Representar a manutenção na interface com a engenharia de novos projetos;
- e. Gerenciar o programa sistemático de capacitação do pessoal da manutenção;
- f. Controlar a documentação técnica da manutenção.

Segundo SILVA (2003), a Engenharia de Manutenção preocupa-se com a produção do serviço, investindo no desenvolvimento de técnicas para intervenção nos equipamentos e instalações em geral, além de investir em capacitação de pessoal. Com o planejamento e gerenciamento de sistemas, busca-se a automanutenção dos equipamentos e instalações, para que funcionem dentro dos requisitos requeridos de confiabilidade e disponibilidade, atrelados ao menor custo, preservando a vida e a segurança das instalações. Além de buscar o aumento contínuo da produtividade e da qualidade dos produtos.

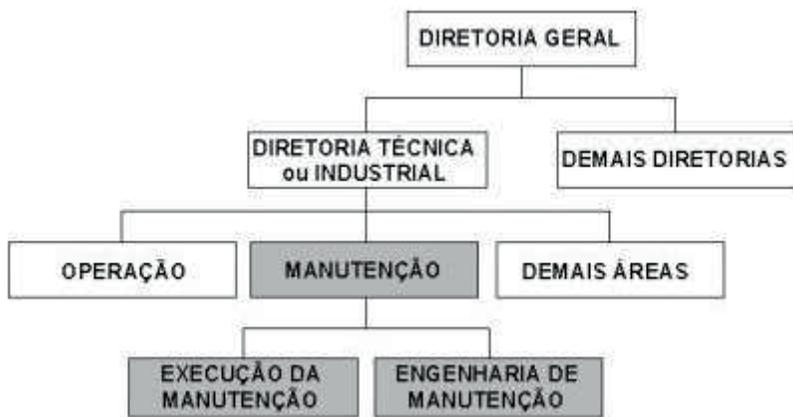


Figura 3 — Organograma de uma empresa com setor de manutenção

Fonte: SILVA (2003)

ESTUDO DE CASO

Apresentação

No início deste capítulo é abordado o contexto histórico da aviação civil internacional e o estabelecimento de uma estrutura organizacional regulamentadora e seu aperfeiçoamento ao longo do tempo. São apresentadas as organizações nacionais que regulamentam a aviação nacional, em continuidade é abordado sobre o Radar de Aproximação TA-10SST, seus princípios de funcionamento e suas principais características. Mais adiante é comentado sobre os tipos de infraestruturas certificadas pela Uptime Institute logo após, discorre-se no detalhamento dos equipamentos do sistema de infraestrutura responsável por manter o radar em operação.

Contexto histórico da regulamentação da aviação civil internacional

Após a segunda guerra mundial, tivemos um cenário oportuno para o desenvolvimento da navegação aérea civil, pois a produção de aeronaves foi incentivada para fins bélicos no período entre guerras. O fim da segunda guerra não só foi marcado por um cenário de tragédias humanas, mas trouxe uma experiência imensa com a aviação e fomentou significativamente as possibilidades técnicas e operacionais do transporte aéreo civil. Porém, era necessário implementar um modelo de sistema que fosse universal, tanto para aeroportos, aeródromos; quanto para aeronaves, equipamentos, operações de tráfego, entre outros do seguimento (ICAO, 2020).

Frente a esses fatos, foi criada em 7 de dezembro de 1944 a ICAO (International Civil Aviation Organisation) ou OACI (Organização de Aviação Civil Internacional), uma agência governamental das Nações Unidas que tem o objetivo de desenvolver técnicas

de navegação aérea internacional, desenvolver o progresso do transporte aéreo regulamentando este setor para a promoção de segurança, eficiência e economia. Para isto foram instituídos 19 anexos que estabelecem padrões e práticas recomendadas para a aviação civil internacional - SARPs (ICAO, 2020).

Esta Organização possui um Conselho de caráter permanente e o Brasil juntamente a outros 35 países o constitui desde o início de sua fundação além de ser signatário à Organização com outros 192 países, que aderem suas normas e diretrizes, também constitui a base de regulamentação da ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil, órgão federal, criada em 2005 para fiscalizar e regular atividades da aviação civil nacional.

Dentre os 36 países-membros integrantes do Conselho, subdividem-se 3 grupos: Grupo I é composto pelos 11 países mais importantes para o transporte aéreo internacional e o Brasil sempre fez parte. Grupo II, composto por 12 países com importância destacada e o Grupo III, composto por 13 países com objetivo de equilíbrio geográfico. Com isso, vemos que o Brasil possui relevante influência na aviação civil internacional e notadamente reconhecido pelos países signatários à OACI. (Senado Federal, 2020).

Em contrapartida, visando estabelecer a viabilidade econômica e operacional dos serviços de transportes aéreos, em Havana, Cuba, foi criada uma fundação privada no dia 19 de abril de 1945 chamada IATA (Associação Internacional dos Transportes Aéreos), está também tem o objetivo de cooperar no desenvolvimento do setor em se tratando de padrões e normas. Atualmente está sediada em Montreal, Canadá (IATA, s.d.).

Disposições Preliminares

Com a crescente demanda de aeronaves no espaço aéreo e o avanço da tecnologia no decorrer do tempo, faz-se necessário incrementar a segurança da navegação aérea implantando e substituindo equipamentos do sistema de energia que compõem a infraestrutura dos serviços e equipamentos operacionais, a fim de manter a confiabilidade, disponibilidade e qualidade no fornecimento de energia (Ministério da Defesa, 2019).

Neste estudo de caso veremos o sistema de energia de um radar de aproximação instalado nas proximidades do aeródromo da cidade de Porto Velho- RO. Com isso, será necessário analisar cada equipamento que constitui este sistema, abordando funcionamento, operações e algumas técnicas de manutenção.

DECEA

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) é subordinado ao Comando da Aeronáutica - COMAER e possui a responsabilidade de controlar o espaço aéreo brasileiro, manter serviços de navegação aérea, como também ordenar o tráfego aéreo no País. (MD, 2019).

SISCEAB

O Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), gerenciado pelo DECEA, possui a finalidade de executar as tarefas e atividades operacionais atribuídas pelo mesmo.

RADAR TA-10SST

Princípio de funcionamento

O funcionamento do Radar é caracterizado pela propagação de pulsos eletromagnéticos e a captação de parte da reflexão destes quando atingem um alvo. Com isso, é possível determinar a distância e direção destes alvos em movimento. A palavra RADAR vem do termo radio (aim) Detecting And Ranging (detecção e determinação de distância de um alvo por ondas de rádio) (WOLFF Christian, s.d.).

O Radar TA-10SST/RSM-970S é uma estação radar fixa de tecnologia francesa THALES, composta por um (01) Radar Primário modelo TA-10SST e um Radar Secundário modelo RSM-970S, ambos redundantes. Apesar de carregar apenas o nome do Primário, na realidade são dois radares em uma única estrutura. É utilizado para fins de aproximação em terminais aeroportuários (pouso e decolagem) se tornando de grande relevância para o controle de tráfego aéreo do aeródromo local.

Como a aeronave é acompanhada



Figura 4 — Aeronave em aproximação

Fonte: adaptado de <<https://www.mundoconectado.com.br/drones/ads-b-entenda-como-funciona-a-tecnologia-para-controle-de-aeronaves>>

Radar Primário TA-10SST

O radar Primário permite uma detecção bidimensional de um alvo não cooperativo, informando distância em milhas náuticas e o Azimute em graus. É um sistema de sensores que detecta e localiza objetos em um determinado volume, capaz de fornecer características especiais sobre esses objetos, como velocidade e alcance, além de orientação do alvo.

O processo inicia-se na geração de um sinal que passa por uma conversão elevando-o para a faixa de frequência de operação do radar em radiofrequência, porém, é necessário passar pelos módulos de potência, obtendo o ganho necessário para que este sinal atinja o alcance de sua cobertura. O sinal em RF é levado até a antena através do guia de onda e transmite os sinais. A antena propaga estes sinais fazendo uma varredura em seu raio de alcance, girando a uma velocidade de 15 rotações por minuto.

Parte do sinal transmitido é refletido quando interceptado por objetos como aeronaves, nuvens e irradiado em todas as direções. O sinal refletido e interceptado pela antena primária do radar é enviado ao receptor e processado para determinar a posição do objeto (Thales, s.d.).



Figura 5 — Antena Radar Primário

Fonte: Figura 1: Antena parabólica da PSR „Morava” M10 (Cortesia do Grupo NRPL)

Principais Características

- Alcance de 60 NM a 80 NM dependendo de sua configuração.

Em sua cadeia de funcionamento, o radar TA10SST pode ser configurado para trabalhar com um alcance de até 80 NM, tendo em vista a demanda do cliente e as condições operacionais do equipamento. Ao aumentar gradualmente a potência de transmissão através do aumento do número de módulos de potência, o alcance do radar pode ser adaptado às necessidades nas faixas supracitadas.

- Equipamentos com antena parabólica do tipo cossecante ao quadrado.

Essa configuração de antena facilita uma distribuição adaptada da radiação no feixe, o que resulta numa exploração espacial mais ideal.

Radar Secundário RSM-970S e seus Princípios de Funcionamento

O sistema de radar secundário é composto de um equipamento em terra chamado INTERROGADOR e um equipamento de bordo chamado TRANSPONDER que estabelecem um diálogo codificado os quais fornecem informações ao Controle de Tráfego Aéreo como por exemplo identificação e altitude. Para isto o radar secundário transmite um conjunto de pares de pulsos que são os modos interrogação e representa uma pergunta tal como “quem é você” ou “Qual é a sua altitude”. Ao receber os pulsos de interrogação, o transponder transmite as respostas codificadas de acordo com as perguntas (Thales, s.d.).



Figura 6 — Antena radar secundário autônomo

Fonte: Indra Sistemas S.A, 2024

Apesar do Radar Secundário ser independente e autossuficiente, é comum o funcionamento concomitante ao radar primário em algumas localidades específicas, estabelecendo um sincronismo entre os dois sistemas, ambos os alvos aparecem de forma associada no mesmo indicador.



Figura 7 — Antena do radar secundário conjugada ao primário

Fonte: Azimut, 2024

Principais Características

Performances sobre área de cobertura e performance da detecção em função da rotação da antena.

- Alcance máximo em função da rotação da antena: 256 NM.

Devido a taxa de processamento de dados do sistema e a configuração setada no equipamento, o radar pode ter uma detecção num raio de 360o com alcance de 256NM.

- Precisão da posição do alvo: Precisão em distância do alvo: <14m e Precisão em azimute do alvo: <0,022°

Características de RF

- Frequências do radar;
- Frequências de interrogação: 1030 MHz + 1 MHz;
- Frequência de recepção: 1090 MHz + 3 MHz;
- Potência máxima transmitida: 2570 W;
- Isolação entre canais: > 70 dB

Características Técnicas

Partida do sistema - Aquisição das primeiras aeronaves: mínimo de 99% das aeronaves presentes na cobertura de vigilância do sistema dentro de 10 giros de antena após o primeiro plot ter sido disponibilizado na linha de dados para um centro de controle

- Precisão da datação do processamento radar: < 2ms.
- Controle e monitoração - Temporização da geração de relatórios de avarias on line: < 2s após a detecção da avaria.

Mecânica Radar

A mecânica radar estabelece a parte motriz do sistema, onde a antena gira em torno de si mesma fazendo uma varredura do espaço aéreo de acordo com seu alcance. Este sistema é constituído essencialmente por:

- Antena propagadora de sinal;
- Junta rotativa que une a parte física com a parte móvel;
- Engrenagem principal;
- Duas embreagens;
- Dois motores elétricos trifásicos;
- Duas caixas de redução com engrenagens imersas em óleo (reductor);
- Dois inversores de frequência.



Figura 8 — Ilustração dos 2 conjuntos moto-redutores e junta rotativa

Fonte: THALES, 2014

Na Ilustração acima temos o pedestal com a junta rotativa entre os dois motores redutores (motor elétrico + caixa redutora). Em caso de pane em um dos conjuntos motores redutores, o outro conjunto consegue manter o giro da antena normalmente, com isso, não se faz necessário parar o sistema motriz para reparos nesses equipamentos. Na ilustração a seguir temos uma engrenagem principal sendo desmontada. É nesta peça que são acoplados os dois motores redutores que colocarão a mesma em movimento.



Figura 9 — Engrenagem principal

Fonte: THALES, 2014

O acionamento do giro inicia-se nos inversores de frequência, onde estes fazem a partida em rampa dos motores elétricos, proporcionando uma partida lenta e suave até que se atinja a rotação de 1440 rpm. Os eixos destes motores estão diretamente acoplados a uma caixa de engrenagens imersas em óleo chamada redutor, que tem a função de reduzir a rotação para 15 rpm que é a rotação da antena. O redutor é conectado a engrenagem principal através do acoplamento da embreagem. A engrenagem principal está diretamente conectada a base da antena e a parte móvel da junta rotativa.

A junta rotativa tem a importante função de garantir a transferência de sinais do sistema radar entre as partes fixas e móveis (girante), bem como assegura a continuidade elétrica e sinais de RF.

Para proteger as antenas de intempéries como ventos com velocidade acima de 60 km/h, são instalados protetores mecânicos chamados radomes.



Figura 10 — Ilustração de um radome

Fonte: FAB, 2024

REGULAMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA

Para nortear a padronização da infraestrutura de sistemas elétricos, o DECEA criou uma Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 66-36) específica para o assunto com o título Implantação/Substituição de Sistemas de Energia do SISCEAB (MD, 2019).

As referências normativas desta ICA visam ao atendimento as regras da ICAO (International Civil Aviation Organization) especificamente sobre sistemas elétricos e material sobre os tempos de comutação da fonte de alimentação. Em se tratando de serviços ou fornecimento de material esta Instrução está baseada às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, mais especificamente a NBR 5410, NBR 5419 e NBR 14039. Para casos ainda mais específicos aos quais são desassistidos por essas normas, utiliza-se a IEC - International Electrotechnical Commission e IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Conceituação

Ao longo deste estudo de caso abordaremos alguns itens que necessitam ser conceituados conforme a ICA 66-36 2019, como:

- Concessionária de energia: Empresa com concessão federal responsável pela distribuição de energia elétrica;
- Cargas críticas: São cargas as quais não podem sofrer com interrupção do fornecimento de energia elétrica;
- Cargas emergenciais: São cargas que podem sofrer interrupção do fornecimento de energia por no máximo 15 segundos;
- Cargas convencionais: São cargas que podem ter interrupção do fornecimento de energia por mais de 15 segundos;
- Fonte principal: É assim denominada a principal fonte de energia elétrica;
- Fonte reserva: É assim denominada aquela que substitui a fonte principal do fornecimento de energia elétrica em caso de interrupção;
- Rede: A energia elétrica oriunda da concessionária de energia local.

INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE ENERGIA

Para que o Radar de aproximação seja instalado, é necessário analisar alguns critérios de infraestrutura, que apontarão o tipo de arquitetura de Casa de Força que será implementada.

A ICA 66-36 Instrução de Implantação/substituição de sistemas de energia (MD, 2019) é uma instrução da FAB que regula todo sistema elétrico de KF no âmbito do SISCEAB. O Brasil na figura do Comando da Aeronáutica é signatário da ICAO e está recomenda o Padrão Tier da Uptime Institute, a qual define padrões de infraestrutura para datacenters. Ao todo são quatro níveis de certificação TIER (I a IV) (Uptime Institute, 2017).

O padrão de Topologia Tier do Uptime Institute foi criado para garantir que qualquer organização possa atender aos níveis necessários de serviços dos negócios, contando com um nível previsível de desempenho no datacenter. (Uptime Institute, 2017).

Segundo a Uptime Institute (2017) os padrões Tier possuem as seguintes características:

- TIER I - nível básico de capacidade, a instalação terá que ser desligada completamente para manutenção preventiva e reparos;
- TIER II - possui componentes redundantes para energia e refrigeração, os componentes podem ser removidos sem desligar o sistema;

- TIER III - também possui componentes redundantes além de ter como diferencial caminhos de distribuição redundantes para atender as cargas críticas. É possível realizar manutenção ou substituir equipamentos sem impactar o sistema.
- TIER IV - tolerante a falhas, possui vários sistemas independentes e fisicamente isoladas que funcionam como componentes redundantes e permite realização de manutenção, além de não afetar a carga crítica com interrupções planejadas ou inesperadas.

Seguir estes padrões de topologias não possui a intenção da certificação em si, mas garantir padrões de segurança internacionais e confiabilidade ao sistema de energia implementado para manutenibilidade das cargas deste sistema. No sistema de energia deste estudo de caso é composto de:

- Entrada em média tensão através de subestação devido a carga instalada ser superior a 75kW, conforme NDU 002 (2021);
- Sistema de energia de emergência composto por dois grupos geradores a diesel sendo um reserva do outro;
- Sistema ininterrupto de energia (UPS);
- Sistema de aterramento;
- Sistema de Climatização.

ENTRADA GERAL DE ENERGIA

A entrada de energia consiste em rede aérea aberta de média tensão definida em 13,8 kV com subestação de 112,5 kVA em poste, conforme diretrizes da Norma de Distribuição Unificada -002 (NDU - 002) que trata sobre fornecimento de energia elétrica em tensão primária (13,8 kV).

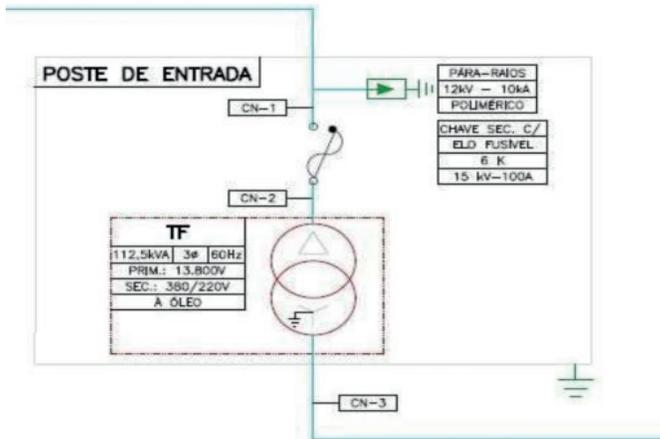


Figura 11 — Esquemática da subestação aérea

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

A estrutura utilizada é do tipo N3, conforme NDU-002 a qual estabelece condições gerais e diretrizes técnicas para edificações com carga instalada superior a 75 kW e demanda até 2.500 kW. Este ramal aéreo com cabos de alumínio seção transversal 2AWG (CAA).

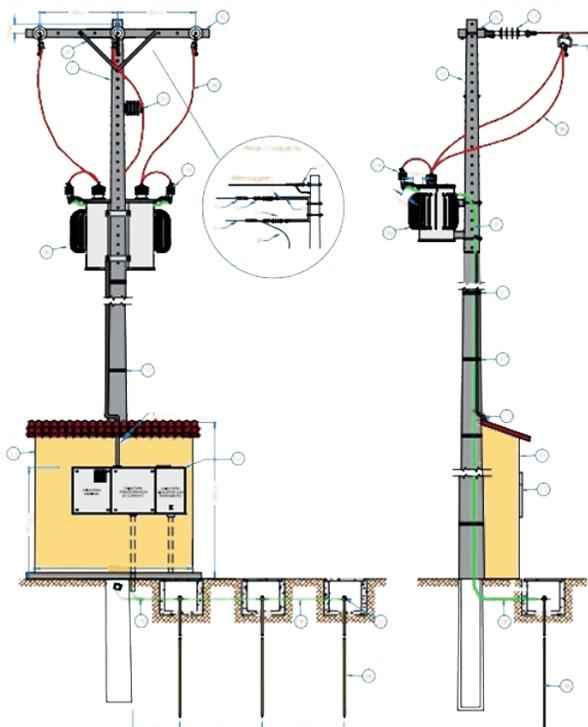


Figura 12 — Subestação aérea

Fonte: Mesh Engenharia, 2024

Subestação

A subestação de energia é do tipo aérea, ao tempo, em poste particular, com transformador de potência tipo ONAN, 112,5 kVA, 15 kV, 380/220 VCA e possui: chaves fusíveis de proteção e manobra elo 6k; para-raios de proteção - 12kV (10kA); transformador a óleo em poste de concreto; cabos alimentadores de baixa tensão; medição da Concessionária de forma indireta em baixa tensão através de TC's; disjuntor termomagnético tripolar; dispositivos de proteção contra surtos e transientes (DPST); aterramento.

O neutro do transformador é conectado ao aterramento da subestação, composto por duas hastes de aço cobreada 3/4" com 3 metros de comprimento dispostas em linha, com afastamento de 3 metros uma da outra e interligadas a malha de aterramento da edificação através de cabo de cobre nu 50 mm² com profundidade de 0,6m.

Transformador a óleo

O Trafo instalado obedeceu às especificações técnicas da Concessionária de energia e do cliente, com as seguintes características:

- Potência Nominal em Serviço Contínuo: 112,5 kVA;
- Tensão Nominal em Alta Tensão: 13.800 kV (F-F);
- Taps AT: ,8/13,2/12,6/12,0/11,4kV;
- Tensão Nominal de Baixa Tensão: V / 220V;
- Classe de tensão em AT: kV;
- Classe de tensão em BT: ,2 kV;
- Ligação no primário: Delta;
- Ligação no secundário: Estrela Aterrado;
- Meio isolante: Óleo Mineral;
- Corrente Primária: 4,71 A;
- Corrente Secundária: 170,93 A;
- Corrente de excitação: 2,5%;
- Perdas totais: 1,89 kW;
- Impedância a potência / tensão nominal (115oC): .5,0%;
- Fabricante: WEG.

Medidor de energia

O projeto previu a instalação de um medidor de energia ativa (kWh) através de medição indireta, ou seja, utilizando Transformadores de corrente (TC's - 200/5A- FT2), fornecido pela Distribuidora de energia local.

Grupo Tarifário

- Subgrupo: A4;
- Tensão de fornecimento: (2,3kV a 25kV);
- Tarifação: horo-sazonal verde;
- Demanda prevista a ser contratada: 40kW.

DPST

Foi instalado um dispositivo de proteção contra surtos e transientes com capacidade de interrupção (mínima) = 45k (8/20 ps), em quadro metálico fixo na mureta de proteção da subestação, aterrado com cabo de cobre nu seção 25mm².

SISTEMA DE ATERRAMENTO

Segundo Kindermann e Campagnolo (1995), é necessário dar uma atenção especial ao aterramento para que o sistema de energia funcione corretamente, bem como proteger este sistema e manter a segurança do pessoal envolvido nas instalações.

A resistividade do solo é a resistência (CI) entre faces opostas do volume de solo, consistindo teoricamente de um cubo homogêneo e isotrópico cuja aresta mede uma unidade de comprimento (m), sendo sua unidade, portanto, dada por A.

A estratificação do solo demonstra que o solo é constituído por diversas camadas, sendo que cada uma delas apresenta um valor de resistividade e espessura (ou profundidade) característicos.

Método Wenner

Em relação aos critérios de medições foi aplicado o arranjo de Wenner - método de quatro eletrodos igualmente espaçados - de acordo com a NBR 7117:2012. Determinou-se dois pontos de medições - sendo traçadas três linhas para cada ponto com ângulo de 60° entre si, sobre as quais foram variados os espaçamentos de 02, 04, 08, 16 e 32m. Eletrodos cravados a 0,2m sempre alinhados e igualmente espaçados em todas as medições realizadas. Este método foi escolhido por apresentar o melhor equilíbrio entre precisão e conveniência.

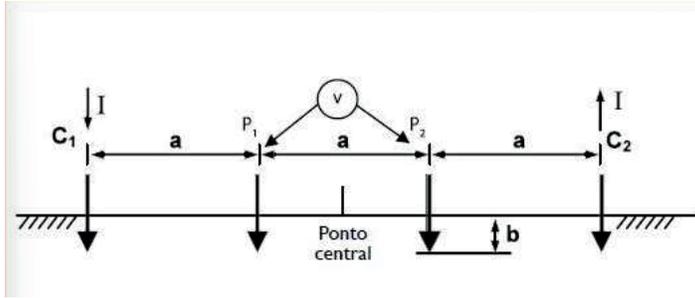


Figura 13 — Esquemático das hastes conforme arranjo de Wenner

Fonte: Revista o Setor elétrico, 2024

O arranjo de Wenner consiste em cravar 04 hastes em determinada direção e em torno de um ponto central, com igual espaçamento “a” entre hastes adjacentes e a uma profundidade constante “b”. A profundidade “b” não pode ser maior que 10% da distância “a”. Definiu-se “b” em 0,2 metros e “a” em 2 metros.

Características do terreno

Para obter dos dados para confecção da malha de aterramento, faz-se necessário primeiramente conhecer as características do terreno e do solo. Com isso, foi necessário realizar um relatório de sondagem, utilizando o método de percussão - SPT, o qual podemos destacar:

- Solo transportado, sem estratificação, até o limite da sondagem predominando a argila siltosa;
- Existência de aterro, de mesmo material, até a profundidade de 0,7m;
- Inexistência de jazidas minerais ou falhas significativas nas camadas, com a consistência das camadas crescendo com a profundidade;
- Sem presença do lençol freático durante o reconhecimento do subsolo;
- Ausência de vestígios arqueológicos;
- Solo de fácil escavação para valetas de cabos, cravação de hastes e instalação de caixas de inspeção;
- A camada superficial composta de areia fina a média pouco siltosa com pedregulhos fino a grosso.

Modelagem matemática

Realizadas as medições, uma análise preliminar dos dados foi feita para verificar a consistência dos mesmos e a sua validação.

A média aritmética dos valores de resistividade elétrica para cada espaçamento adotado é utilizada devido às limitações na entrada de dados no software, utilizando-se a seguinte equação:

$$\rho M = 1/n * \sum_{i=1}^n \rho m(i) \quad (1)$$

Onde:

ρM = resistividade média para o respectivo espaçamento “a”
 ρm = resistividade medida no respectivo espaçamento “a”

n = número de medições efetuadas para o respectivo espaçamento “a”

Após foi colocado numa tabela e o desvio padrão (δ) de cada medida em relação ao valor médio, calculada através da seguinte equação:

$$\delta = \frac{|\rho M - \rho m|}{\rho M} * 100 \quad (2)$$

Os desvios iguais ou maiores que 50% devem ser desconsiderados e uma nova média deve ser calculada.

Ensaio de resistividade do solo

No dia 21 de maio de 2014 foi realizada a medição de resistividade do solo nas proximidades do aeroporto de Porto Velho com condições climáticas favoráveis, ou seja, dia ensolarado, temperatura ambiente de 37o, porém solo úmido com última chuva no dia anterior, foram utilizados eletrodos com bitola de 2,5mm² e 2 metros de comprimento no solo tipo piçarra.

Equipamento

- Marca: Megabras;
- Modelo: MTD20KWe;
- Data última aferição: 06/12/2013;
- Validade 06/12/2015.

Software utilizado

- Software: TecAt Plus 5.2;
- Release: 5.2.1 - 12/07/2007;
- Comercializado por: Oficina de Mydia Editora.

Configuração

- Método: Wenner;
- Equação: completa;
- Profundidade medida: 0,2m;
- Exclusão: 50%

Medições

As tabelas abaixo representam os valores obtidos de medições realizadas nos 2 pontos (RS-1 e RS-2) de onde foram feitas as medições radiais em três direções (A, B e C), que foram posicionadas conforme ilustração a seguir.

Em caso de desvio padrão superior a 50% os valores em questão devem ser desconsiderados nos dados de entrada do software. Os valores da resistividade medida constam nas tabelas a seguir:

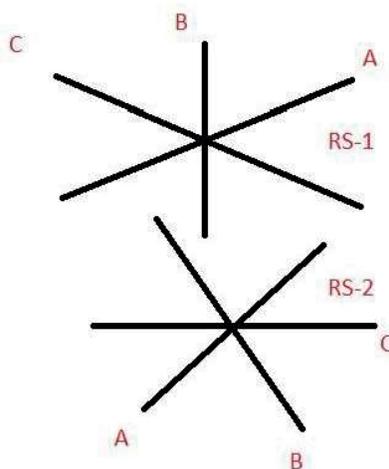


Figura 14 — Croquis das medições de resistividade

Fonte: Adaptado de Thales, 2014.

RS-1				
Distância entre hastes (m)	Resistividade medida ($\Omega.m$)			Resistividade média ($\Omega.m$)
	A	B	C	
2	41,6	54,2	63,0	52,9
4	14,36	38,1	26,7	26,39
8	9,51	9,30	4,74	7,85
16	3,35	9,15	5,27	5,92
32	5,42	5,40	5,66	5,47

Quadro 1 — Pontos de resistividade RS-1

Fonte: Thales, 2014.

RS-2				
Distância entre hastes (m)	Resistividade medida ($\Omega.m$)			Resistividade média ($\Omega.m$)
	A	B	C	
2	46,4	46,8	46,0	46,4
4	31,9	22,3	27,1	27,1
8	9,98	9,46	11,1	10,18
16	4,87	9,61	9,83	8,10
32	5,22	6,74	5,39	5,78

Quadro 2 — Pontos de resistividade RS-2

Fonte: Thales, 2014.

Dados de entrada no software

Conforme a NBR 7117:2012 o uso de software é permitido para auxiliar nos cálculos e obtenção dos resultados, devido esta tarefa ter certa complexidade e também sujeita a erros. Optou-se pelo uso do software acima citado, visando também evitar simplificações e suas respectivas limitações e restrições, ou seja, sem abrir mão de estudos mais aprofundados do projeto da malha de aterramento.

Como dados de entrada do software, estamos considerando:

Item	Utilizado	Justificativa
Estratificação do solo	automática	O programa define o número de camadas, com base nas medições introduzidas.
Corrente de falta	6 kA	Utilizada corrente de curto circuito presumida simétrica no quadro de transferência de baixa tensão do site.
Cabo de cobre nu	50 mm ²	De acordo com a Especificação técnica
Haste de terra	Ø ¾" x 3,0m	De acordo com a Especificação técnica
Resistividade da brita	3 kΩ.m	Granulometria n° 02; molhada; espessura de 8 cm
Potencial de toque	7,7 kV	Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)
Potencial de passo	26,4 V	Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)
Potencial superfície	72,0 kV	Dados do programa TecAt Plus 5.2 (limite de segurança)
Duração da falta	0,01s	12 ciclos até desligamento do disjuntor (sem religamento)
Peso do operador	70 kgf	Conforme recomendação do livro "Malhas de Terra"

Tabela 1 — Dados inseridos no software

Fonte: Thales, 2014.

Corrente de Curto Circuito

A corrente de curto circuito presumida considera uma corrente de falta de 3,2 kA em transformador de potência de 112,5 kVA (380/220vCA) ligado na rede de Média Tensão e a contribuição do sistema de geração alternativa de potência elétrica (GMG), considerando uma possível falha no intertravamento elétrico entre ambos.

Levou-se em consideração a impedância dos cabos no trajeto desde o transformador até o quadro de transferência automático (QTA), que é o ponto onde pode ocorrer a maior corrente de falta.

Cabos e hastes utilizadas

Foram utilizados como parâmetros de dimensionamento de cabos e hastes de aterramento a Especificação técnica, malhas de aterramento, assim como os dados de entrada do programa, que tem opção para utilização dos cabos de cobre nu de 50,0 mm² e de hastes de aço cobreadas de C13/4" x 3,0m de profundidade. Foram previstas hastes com 254 µm de espessura para a camada de cobre, assim como o uso de soldas exotérmicas reforçadas.

Desta forma, os materiais inicialmente previstos atendem aos critérios de resistência, potencial de passo e de toque obtidos, sendo considerados adequados para aplicação e atendendo aos critérios da Especificação Técnica e a NBR5419:2005 (proteção contra descargas atmosféricas).

Estratificação do solo

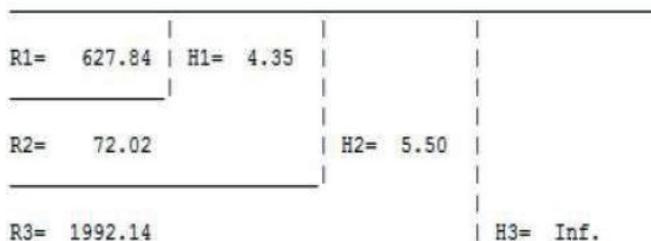


Figura 15 — Diagrama das camadas estratificadas

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Utilizando a fórmula completa para cálculo das medidas de resistividade e eliminando medidas cujo desvio padrão simples em torno da média aritmética de cada linha seja superior a 50%.

```

Resultado:
N° de camadas: 3
camada #1: 627,84 [Ohm.m] x 4,35 [m]
camada #2: 72,02 [Ohm.m] x 1,15 [m]
camada #3: 1992,14 [Ohm.m] x
Ajuste da Estratificação da Resistividade do Solo:
espaçamento   medida   calculada   desvio
[m]            [Ohm.m]  [Ohm.m]    %
2,00          634,88   610,99     3,76
4,00          675,06   554,15    17,91
8,00          453,55   509,02    -12,23
16,00         705,25   692,47     1,81
32,00        1132,73  1055,02     6,86
erro RMS = 10 %
    
```

Figura 16 — Valor de resistividade das camadas

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Estratificação da resistividade (calculado x medido)

O gráfico a seguir mostra que a resistividade do solo aumenta gradativamente com o aumento da profundidade do solo. A sondagem do solo aponta para um acréscimo da compactação à medida que a perfuração avança e que o mesmo se mostrou impenetrável em torno dos 13 metros, apontando que os dados teóricos e os desvios apresentados no software estão coerentes com as características do solo.

Tanto o relatório da sondagem quanto o software identificaram a estratificação da primeira camada a aproximadamente 60cm de profundidade, fornecendo um bom indicativo da consistência dos dados.

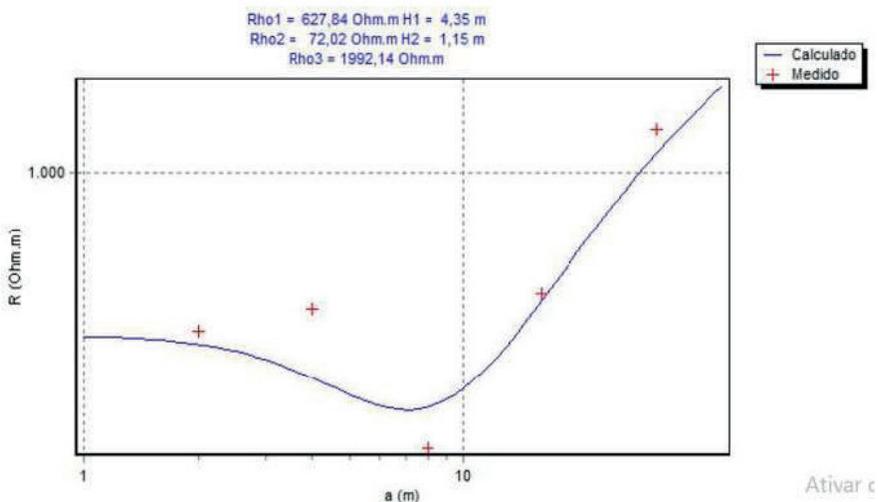


Figura 17 — Gráfico resistividade do solo

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Resistência da malha

A malha de terra foi projetada considerando o atendimento individual dos elementos (subestação em poste, torre, cabines de energia e radar) com a interligação entre eles através do prolongamento da malha e também do aterramento da rede de dutos.

Os dados inseridos no software permitiram chegar ao cálculo aproximado da resistência da malha, cujo valor teórico é dado abaixo:

Critério	Valor (Ω)
Teórico	12,72
Solicitado	Menor que 10

Quadro 3 — Valores de resistividade da malha

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

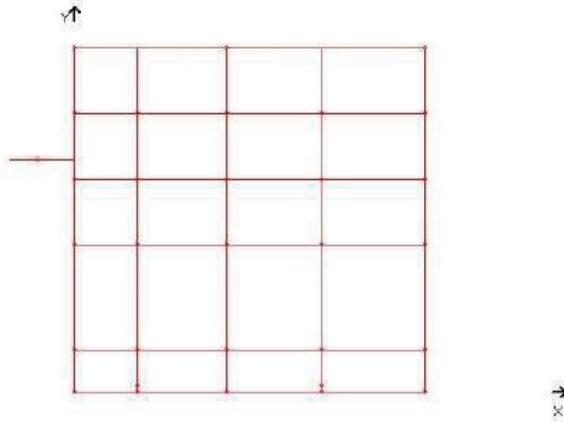


Figura 18 — Esquemático da malha no software TecAt

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Acima está ilustrado em vista frontal o desenho da malha de aterramento compilada pelo software. A seguir temos em vista lateral a profundidade da malha.



Figura 19 — Detalhe implantação da malha de terra em área pavimentada

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Nesta ilustração vemos a profundidade da malha de terra e as camadas de reaterro e pavimentação, representa a maior parte da área do terreno.

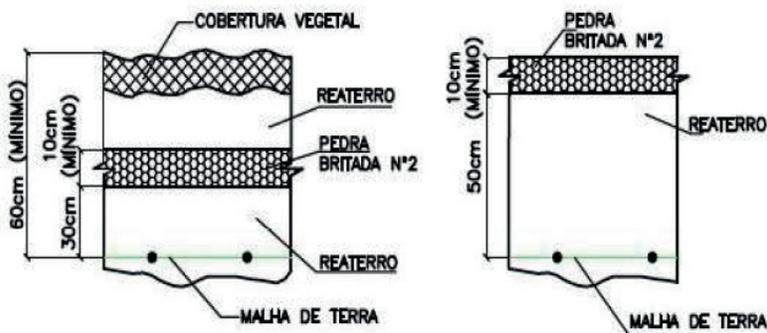


Figura 20 — Detalhe malha de terra no terreno

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

Esta ilustração representa a menor parte do terreno, entretanto, em todas as formas de superfície, nota-se que a profundidade da malha se mantém a mesma.

Materiais utilizados

Itens	Classificação	Quantidade
Cabos	Cabo de Cobre 50 mm	320 m.
Hastes	aço lisa cobreada 3m x 3/4	32 un.
Conexões	Molde de solda T 50x50 mm ²	6 un.
Conexões	Molde de solda Ch 50x50 mm ²	8 un.
Conexões	Molde de solda CC 50x50 mm ²	1 un.
Conexões	Molde de solda X 50x50 mm ²	6 un.

Quadro 4 — Quantidade de materiais

Fonte: Adaptado de Thales, 2014

QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA

É neste quadro que se concentram os disjuntores de rede e dos dois grupos geradores, bem como o barramento geral de baixa tensão que irá energizar toda a edificação através de outros quadros locais de energia. Os disjuntores possuem intertravamentos elétrico e mecânico para garantir que apenas um deles esteja fechado em qualquer momento. O intertravamento é uma segurança adicionada para que em casos de falha, num possível comando errado por exemplo pode ocasionar uma situação de curto circuito caso duas fontes de energia entrem no mesmo barramento.

É nele que estão os sensores de presença de rede, em se tratando de falta de energia comercial, o disjuntor de rede abre e é comandado a partida do grupo gerador, após estabelecidos os parâmetros de frequência e tensão nominal o disjuntor do gerador fecha, alimentando o barramento novamente. Com a presença de tensão da rede comercial é comandado abertura do disjuntor do grupo gerador e o fechamento do disjuntor de rede, logo após o gerador entra em resfriamento e é desligado. Esta operação citada acima é feita automaticamente sem interferência de operador. Nesta transição entre comercial e gruger a UPS mantém a carga crítica através do banco de baterias.

SISTEMA DE GERAÇÃO DE EMERGÊNCIA - GRUPO MOTOR-GERADOR

O Engenheiro José Claudio Pereira (2006), menciona que os motores Diesel foram criados por Rudolf Diesel, sendo máquinas de combustão interna, que geram movimentos rotativos da árvore de manivelas através de movimentos alternados dos pistões. São classificados quanto ao tipo de trabalho em veiculares, industriais, marítimos e estacionários. Os grupos geradores se enquadram como estacionários.

O funcionamento do motor diesel é dividido em quatro tempos: admissão, compressão, explosão e escape. Na admissão o ar forçado entra no cilindro enquanto o pistão está descendo; na compressão o volume de ar adquirido é comprimido conforme o pistão sobe; a explosão acontece quando o ar altamente comprimido é inflamado pelo contato deste com o combustível pulverizado; o escape é a eliminação da queima na explosão.

Fundamentos de controle

Segundo Ogata (2010), controle é manter um processo em operação sob supervisão. Este controle é realizado através do monitoramento da variável controlada, que é o produto final; sobretudo incrementando uma correção na variável manipulada, que é a grandeza a ser controlada objetivando eliminar ou diminuir o erro ou desvio.

Abaixo temos uma ilustração de controle composto por um controlador automático, atuador, planta e sensor para realimentar o controle com saída, com isso reduzir o erro tendendo a zero.

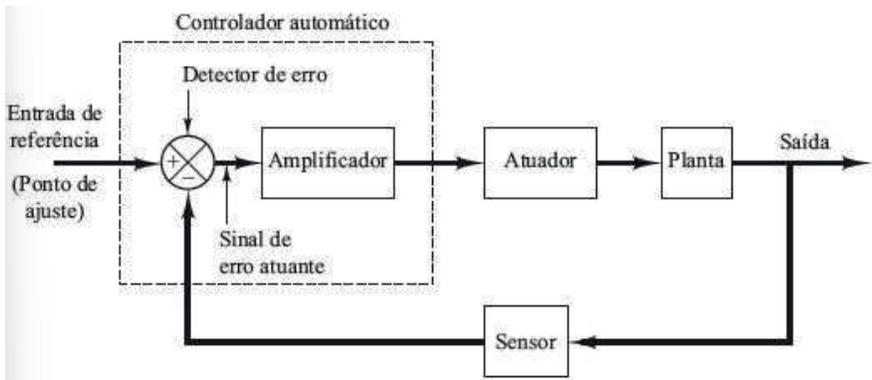


Figura 21 — Diagrama em blocos de um sistema de controle industrial automático

Fonte: Ogata (2010, p.18).

Ogata (2010) nos diz que são reunidas três ações de controle no controlador PID. O proporcional (P) é caracterizado como um amplificador com ganho ajustável, a parte integral (I) tende a eliminar o erro no regime permanente, já o elemento derivativo (D) antecipa-se ao erro e atua na correção antes que o mesmo se torne muito grande. Na equação 7 segue uma expressão matemática que representa um controlador PID, onde o primeiro termo representa a parte proporcional o segundo representa a parcela da ação integral e o terceiro a componente derivativa.



Figura 22 — Pick Up magnético

Fonte: O autor (2022)

O controle de velocidade é feito pelo Regulador Eletrônico de Velocidade (REV), ele trabalha em conjunto com o pickup magnético que é capaz de contar os giros do motor em funcionamento, de acordo com este monitoramento o REV envia sinais ao governador eletrônico para que injete mais ou menos combustível nas bombas injetoras.

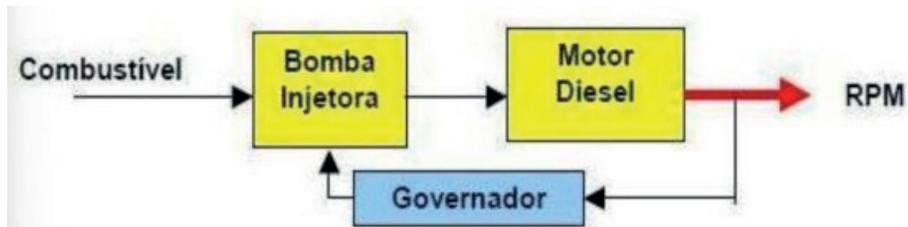


Figura 23 — Esquemático sistema de injeção de um grupo gerador

Fonte: Pereira (2006, p.33).

O motor do gruger instalado é um Cummins série B e possui as seguintes características: 6 cilindros, turbo aspirado, sistema aftercooler, governador eletrônico.

Alternador

Segundo Chapman (2013) é o equipamento que gera energia elétrica em corrente alternada através de uma conversão eletromecânica onde é necessário acoplar uma máquina primária em seu eixo e retirá-lo da inércia a partir do giro.

Seu princípio de funcionamento pode ser explicado através de uma análise onde uma espira girante imersa num campo magnético produz uma força eletromotriz alternada. isto é explicado por Michael Faraday (1831) em sua lei que afirma: “O valor da tensão induzida em uma simples espira de fio é proporcional à razão de variação das linhas de força que passam através daquela espira (ou se concatenam com ela)”.

O alternador deste sistema de energia possui as seguintes características: tipo industrial, campo rotativo, sem escovas, 4 polos, 60 Hz, auto excitado de série, onde a potência desta excitação é derivada da sua própria geração principal.

O Sistema conta com duas fontes emergenciais de energia independentes, ou seja, não trabalham em paralelo a rede comercial, funcionam em modo stand by, uma reserva da outra. São grupos geradores diesel 6 cilindros, 100 kVA, 380 V que partem e assumem a carga de forma automática sem intervenção técnica ao sentir ausência da rede comercial.

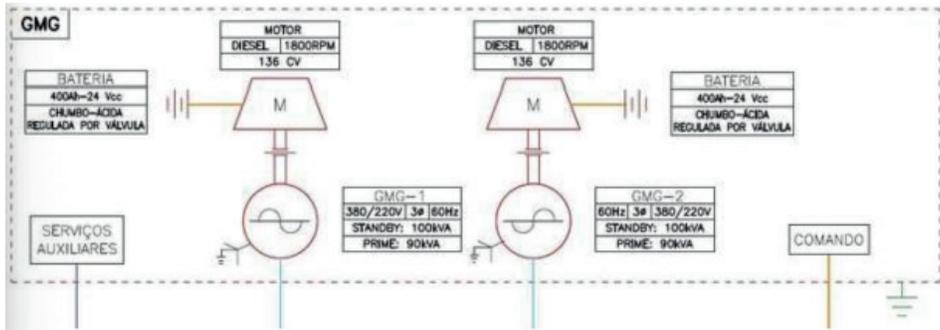


Figura 24 — Esquemático dos geradores e informações

Fonte: Adaptado de Thales (2014)

A controladora do gruger PowerCommand possui uma interface intuitiva e de fácil navegação, ela faz o gerenciamento do gruger, monitora os parâmetros de funcionamento tanto do motor quanto do gerador. Possui dois modos de funcionamento: manual e automático, no primeiro o gruger só parte com a intervenção do operador, no segundo não é necessário nenhum tipo de comando por parte do operador. O módulo monitora os parâmetros de rede a todo momento, na falta de energia total ou parcial (falta de uma fase), ela comanda a abertura do disjuntor de rede e a partida do gruger prioritário



Figura 25 — Controladora PowerCommand

Fonte: O autor, 2022

SISTEMA ININTERRUPTO DE ENERGIA – UPS

Qualidade da energia

O tema qualidade da energia elétrica (QEE) vem ganhando destaque com certa preocupação desde os anos 80 por empresas e consumidores (DUGAN, et al., 2002). Sistemas como data centers por exemplo, precisam de um fornecimento de energia de qualidade para manutenção de desempenho.

Infelizmente a energia que recebemos da concessionária local não é confiável para cargas críticas, é a partir de então que se faz necessário um no-break de potência suficiente para garantir a ininterruptão mesmo quando a comercial oscile ou falte em dado momento.

UPS do sistema de energia

A fonte de energia ininterrupta (UPS - uninterruptible power supply) é um equipamento constituído por retificador, inversor, chave estática e banco de baterias que fornece energia limpa e de qualidade a cargas críticas, através da dupla conversão, retificando a senoide imperfeita que por ela entra e reconstituindo-a num grau satisfatório de qualidade com variação máxima de tensão + 10% e frequência + 5%. O banco de baterias garante a energização da carga por algum tempo (a depender das características das baterias) mesmo quando interrompida a fonte de energia em sua entrada (KAMRAN, Farrukh e HABELTLER, Thomas G., 1998).

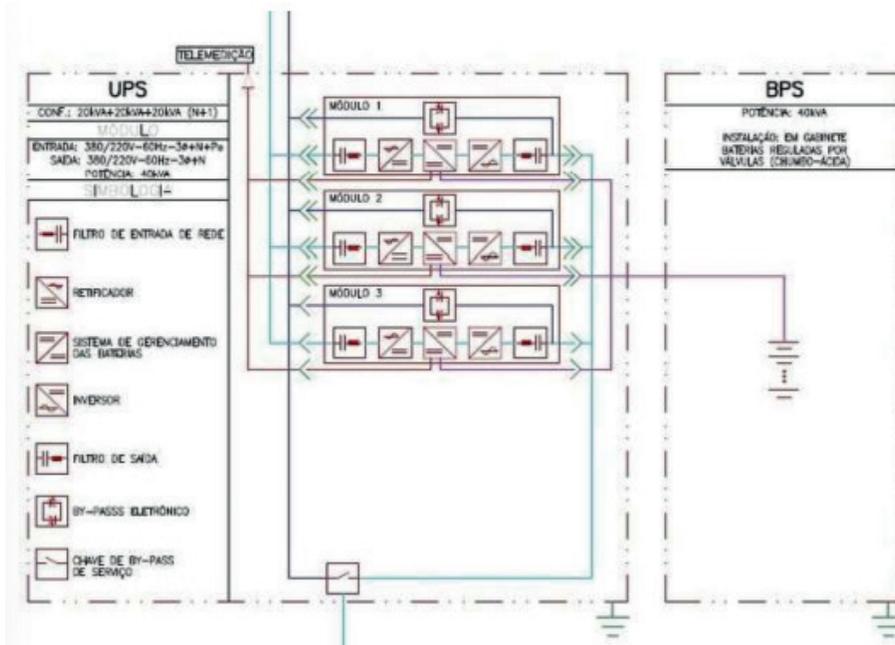


Figura 26 — Diagrama da UPS modular

Fonte: THALES, 2014

A UPS Leistung Modular faz parte da terceira geração de no-breaks modulares com arquitetura paralela descentralizada, possui módulos independentes contendo hardware e software de uma UPS. O módulo possui CPU, chave estática, IHM, eletrônica de potência, ou seja, cada módulo é basicamente uma UPS que em configuração redundante estão ligadas em paralelo. Isso elimina as chances de falha comum, pois descentraliza o funcionamento, garantindo confiabilidade (Leistung, s.d.).

Os módulos são montados em um gabinete que comporta até dez módulos trifásicos com potência de 20kW e fator de potência 1.0. São facilmente instalados e podem ser retirados sem que haja desligamento da carga crítica, isso devido ao sistema de redundância N+x, garantindo confiabilidade e disponibilidade do sistema.



Figura 27 — UPS modular Leistung 60kW

Fonte: O autor (2022)

Esta UPS que mantém a carga crítica na transição do fornecimento de energia entre concessionária local e gruger.

Segundo Leistung (s. d.) Entre as principais características do equipamento, estão: Baixa distorção harmônica de entrada; módulos com baixo peso, podendo ser trocado por apenas uma pessoa; dupla conversão, True On-Line; arquitetura de paralelismo redundante e descentralizado; potência expansível — on demand; alto rendimento elétrico e baixa dissipação térmica; substituição dos módulos sem desligamento da energia (hot-swap); alta confiabilidade e disponibilidade; alta densidade de energia (200kW por rack) - economizando

o espaço ocupado; MTTR 10 minutos - Alta disponibilidade de energia - Alto MTBF; chave estática automática descentralizada; módulos safe-swap (SSM) - disponibilizando proteção extra de energia; bateria sem Tensão de ripple (vida útil do banco de baterias aumentada); tecnologia com IGBT na entrada e saída; grande faixa de variação de tensão e frequência; operação paralela distribuída (divisão proporcional da carga); interface amigável. O banco de Baterias deste equipamento garante uma satisfatória autonomia para suprir a carga crítica em caso de sinistro nos grupos geradores.

SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Considerações iniciais

Para que o Radar de aproximação funcione em perfeitas condições é necessário que o ambiente esteja climatizado, com isto, foi instalado quatro máquinas de climatização industrial do tipo wall mounted 3 TR gerenciadas por um quadro de automação. São equipamentos robustos e de alto rendimento que oferecem um ambiente totalmente controlado pelos parâmetros de temperatura e umidade.

Condicionadores de ar

Segundo o engenheiro Augusto José MALUF (2008) para manter o controle e a qualidade do ar no ambiente são projetados sistemas de ar condicionados de precisão, os quais trabalham para manter parâmetros de temperatura e umidade em limites estipulados pelos fabricantes de equipamentos eletrônicos e microprocessados sensíveis a temperatura.

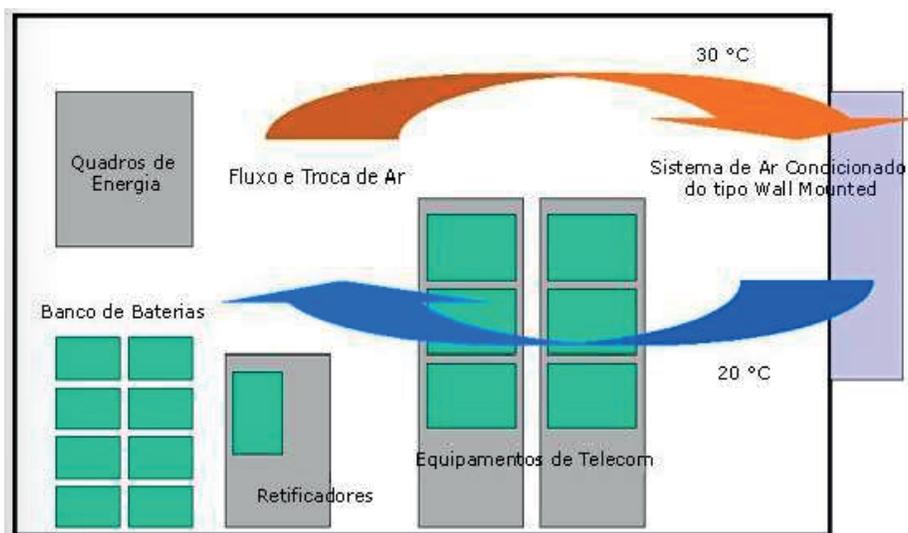


Figura 28 — Diagrama de um sistema wall mounted para um container

Fonte: Adaptado Teleco Inteligência em Telecomunicações, 2023

Para MALUF (2008) Os seres vivos dissipam energia de forma distinta dos equipamentos, para isto é definido: Calor Sensível - é o calor gerado e dissipado por: máquinas, iluminação, insolação externa e parte do calor gerado por pessoas no recinto. O calor sensível é o responsável pelo aumento da temperatura no ambiente a ser climatizado.

Calor Latente - é o calor dissipado pela transpiração do corpo humano. Ele é responsável pelo aumento da umidade. $CALOR\ SENSÍVEL + CALOR\ LATENTE = CALOR\ TOTAL$

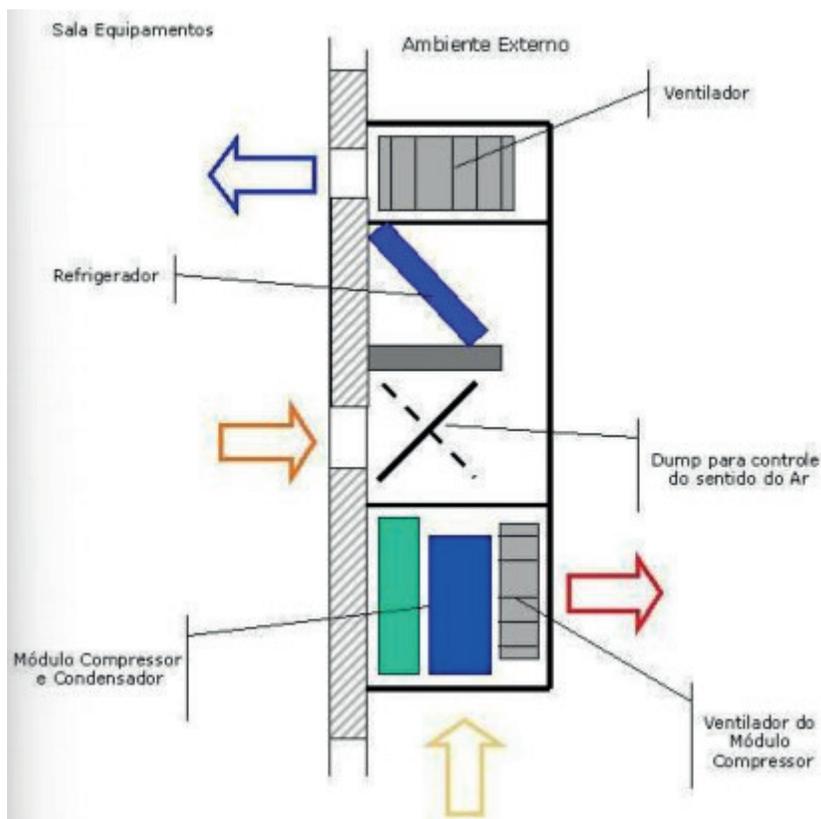


Figura 29 — funcionamento do Wall mounted

Fonte: Adaptado Teleco Inteligência em Telecomunicações, 2023

A figura acima mostra claramente onde ocorrem as trocas de calor do ambiente a ser climatizado (que se encontra na parte superior) e das partes do sistema da máquina para obter rendimento (parte inferior).

Para promover maior autonomia, controle e equidade quanto ao tempo funcionamento das máquinas foi adicionado um quadro de comando com Controlador Lógico Programável (CLP) que associado a uma Interface Homem Máquina (IHM) gerencia todo o sistema das quatro máquinas, tais como: partida, desligamento, registro de alarmes setorizados em caso de pane nas máquinas, facilitando a identificação da causa do problema, dentre

outras funções. Possui entradas e saídas digitais e também analógicas para dar comando às máquinas de acordo com as configurações parametrizadas em seu setpoint.

Características técnicas do wall mounted:

- Capacidade em Btu - 36.000;
- Capacidade em TR – 3;
- Tensão - 380V;
- Controle de umidade através de resistências elétricas;
- Refrigerante R-22;
- Proteção contra sobrecarga no compressor (CLO);
- Quadro elétrico com comando 24vca;
- Sensor falta de fase.

REFERÊNCIAS NORMATIVAS

NORMAS	RESUMO
NBR 5410:2004	Instalações elétricas de Baixa tensão - Foi utilizada para dimensionamento das instalações em BT, proporcionando segurança a pessoas e garantindo funcionamento adequado das instalações.
NBR 5419:2005	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Estabelece requisitos para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas. Oferece um gerenciamento de riscos, Mostra os potenciais danos a estruturas e perigo a vida.
NBR 5440:2011	Transformadores para redes aéreas de distribuição - Estabelece os requisitos das características elétricas e mecânicas dos trafos aplicáveis a rede aérea de distribuição.
NBR 5460:1992	Sistemas elétricos de potência - Define termos relacionados ao SEP, explorados por concessionárias de energia sob o ponto de vista de distribuição.
NBR 14039:2005	Instalações Elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV - Estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas em MT, garantindo segurança e continuidade do serviço.
NBR 7117:2012	Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo - Estabelece os requisitos para medição da resistividade e estratificação do solo, fornece subsídios para aplicação em projetos de aterramentos elétricos.
NR-10 (portaria MTE 598 de 07/12/2004)	Segurança em instalações e serviços em eletricidade - Estabelece requisitos e condições mínimas para implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, garantindo a integridade física dos trabalhadores que atuam direta ou indiretamente nas instalações e serviços com eletricidade.
NDU 001	Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição - Estabelece procedimentos a serem adotados em

Quadro 5 – Normas Utilizadas (continua)

Fonte: O autor (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, este capítulo de livro apresentou o sistema de energia necessário para instalação de um radar de aproximação, item fundamental no controle de aproximação de um aeródromo. Foi comentado sobre o crescente histórico da demanda aeroportuária após a segunda guerra mundial e a necessidade de implementar regulamentações, padronizar técnicas operacionais, procedimentos, até mesmo na fabricação de aeronaves. Tudo isso, para que fosse viável o transporte da aviação civil internacional.

Um dos objetivos fundamentais dessa mudança foi promover mais segurança em todos os aspectos, incluindo no sistema de controle de tráfego aéreo, o qual foi submetido a severas mudanças para aperfeiçoamento dos serviços. Ainda sobre o controle de tráfego aéreo, vimos a importância da infraestrutura por trás destes sistemas para manter a confiabilidade, continuidade e qualidade dos serviços prestados. E para certificar os sistemas foram criados padrões Tier de certificações pela Uptime Institute os quais definem tipos de infraestrutura necessária para o funcionamento seguro de um datacenter.

E por fim, foram a partir desses moldes de infraestrutura que foi analisado o sistema de energia do Radar TA-10SST, onde viu-se a importância de cada equipamento e a redundância de alguns como critério de segurança para manutenção da proteção ao voo. A análise da infraestrutura para garantir o fornecimento de energia ininterrupta e controlada, bem como as condições adequadas para cada equipamento a fim de manter a maior disponibilidade possível do sistema radar.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica - PRODIST Módulo II: Planejamento da expansão do sistema de distribuição. 2016. 23 p. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_1.pdf. Acesso em: 15 jun. 2022.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST, 2018): Módulo 1. 2018. 29 p. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

AGST CONTROLES E AUTOMAÇÃO. Condar MP 5000: Manual de operação e instalação. Porto Alegre. 59 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004. 217 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5419: Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5440: Transformadores para redes aéreas de distribuição. Rio de Janeiro, 2011. 52

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7117: Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo. 2a ed. Rio de Janeiro, 2012. 64 p.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE AÉREO. A fundação da IATA. Disponível em: <https://www.iata.org/en/about/history/>. Acesso em: 30 mai. 2022.

BRASIL. Governo Federal. NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade Portaria Ministério do Trabalho e Emprego n. 598. Diário Oficial da União, 07 de dezembro de 2004, p. 18.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. ICA 63-18 - Critérios de Implantação de Órgãos ATC e de Auxílios à Navegação Aérea, Brasília, ano 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Implantação/substituição de sistemas de energia do SISCEAB - ICA 66-36, Rio de Janeiro, ano 2019, p. 77.

BUENO, A. F. M.; BRANDÃO, C. A. L. Visão geral de tecnologia e mercado para os sistemas de armazenamento de energia elétrica no Brasil. Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia, 2016.

CAVALCANTI, Marcello Henrique da Silva; RIBEIRO, Matheus Marques; BARRO, Mario Roberto. Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. Ciência & Educação, Bauru, v. 24, p. 859-874, 2018.

CUMMINS. Manual de Operação e Manutenção Motores Séries B3.9/B5.9. 315 p.

CYRINO, Luís. PERT e CPM - Métodos de Planejamento. Manutenção em foco. 2017. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/pert-cpm-metodo-de-planejamento/>. Acesso em: 25 jun. 2022.

DINIZ, Tiago Barbosa. Impactos econômicos e regionais dos investimentos em geração de energia elétrica no Brasil Tese - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

DUARTE, Marcus V. B. ADEQUAÇÃO A UM MODELO DE GESTÃO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE UMA INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES. Rio de Janeiro, 2018 Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Augusto Motta.

DUGAN, R.; MCGRANAGHAN, M.; BEATY, H. electrical power systems quality. New York: McGraw-Hill, 1996. 448 p.

ENERGISA. NDU 001: Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras. João Pessoa, 2021. 183 p.

ENERGISA. NDU 002 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária. João Pessoa, 2021. 217 p.

FITZGERALD, Arthur. Máquinas Elétricas. 6a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 648 p.

GAIO, Evandro Dias. Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade. 66 p Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

GOUVÊA, Adriana Ribeiro. Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil. Rio de Janeiro, 2019 Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ICAO. Anexo 10 - Telecomunicações aeronáuticas: Padrões Internacionais e Práticas Recomendadas. elibrary.icao.int. 2018. Disponível em: <https://elibrary.icao.int/reader/299828/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbglicmFyeS5pY2FvLmludC9leHBsb3JlO21haW5TZWFyY2g9MS9wcm9kdWN0LWRIIdGFpbHMvMjk5ODI4?productType=ebook>. Acesso em: 8 mai. 2022.

ICAO. Anexo 14 - Aeródromos: Padrões Internacionais e Práticas Recomendadas. elibrary.icao.int.2018. Disponível em: <https://elibrary.icao.int/reader/274803/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbglicmFyeS5pY2FvLmludC9ob21lL3Byb2R1Y3QtZGV0YWlscy8yNzQ4M0M%3D?Product Type = ebook>. Acesso em: 8 mai. 2022.

KAMRAN, Farrukh; HABELTLER, Thomas G. Transações IEEE em Eletrônica de Potência: Um novo UPS on-line com capacidade de filtragem universal. 1998. 9 p. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/668099>. Acesso em: 12 ago. 2022.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, Jorge Mário. Aterramento Elétrico. 3 ed. Porto Alegre: SAGRA-DC LUZZATTO, 1995. 214 p.

KOSOW, Irving. Máquinas Elétricas e Transformadores. 15a ed. São Paulo: Globo, 2005. 667 p.

LEISTUNG. UPS Modular Leistung 3G. Disponível em: <https://www.leistung.ind.br/upsmodularleistung3g>. Acesso em: 27 jun. 2022.

LORCA, Flávia Saraiva. Minimização ótima das perdas técnicas através de reguladores de tensão em sistemas elétricos de distribuição. Londrina, 2016. 79 p Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual de Londrina.

MALUF, Augusto José. Infraestrutura de sistemas de ar condicionado em Sites de Telecom. 2008. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialar/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: Pini, v. 2, 2013.

MICROSOFT. Projetos e Resultados. Disponível em: <http://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/carreira/gerencprojetos.aspx>. Acesso em: 7 jun. 2022.

MORAIS, Luciano Cardoso de. Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras. Bauru. 136 p Dissertação - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2015.

NASCIF, Júlio; KARDEC, Alan. Manutenção Função Estratégica. 3a ed. Rio de Janeiro: Qualitmark, 2009. 361 p.

NOCÊRA, Rosaldo de Jesus. Planejamento e Controle de Obras. 2a ed. RJN, 2010.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. Tradução Heloísa Coimbra de Souza. 5 ed. São Paulo: pearson, 2010. 822 p. Tradução de: Modern control engineering.

ONNZE ENGENHARIA. Strategy and action. 299 p. Disponível em: <https://onnzeengenharia.com.br>. Acesso em: 2 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. História postal da ICAO. Canadá. Disponível em: https://applications.icao.int/postalhistory/1944_the_chicago_convention.htm. Acesso em: 27 mai. 2022.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, 2008.

PAULILO, Gilson. Capítulo II Conceitos gerais sobre qualidade da energia. Revista O Setor Elétrico, São Paulo, p. 28-35, 2013.

PEREIRA, José Claudio. Motores e Geradores. 2006. 122 p. Disponível em: <https://www.joseclaudio.eng.br/energia/apostecger/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

STAMFORD. Manual do Proprietário: Alternadores UC. 6a ed. Lynnnh Wood. 70 p.

THALES. Projeto executivo Ensaio de Resistividade do Solo. Rio de Janeiro, 2014. 25 p.

THALES. Projeto Executivo Memorial Descritivo de Energia e Eletrônica. Rio de Janeiro. 19 p.

THALES. Projeto Executivo Memorial Descritivo de Entrada de Energia. Rio de Janeiro, 2014. 13 p.

THALES. Sy9tem Manual TA-10SST & RSM-970, v. 1/1. 365 p.

TORO, Vicent. Fundamentos de Máquinas Elétricas. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 550 p.

UPTIME INSTITUTE. Classificação Sistema Tier. Disponível em: <https://pt.uptimeinstitute.com/tiers>. Acesso em: 31 mai. 2022.

UPTIME INSTITUTE. Requisitos Tier para energia. Disponível em: https://pt.uptimeinstitute.com/resources/assets?filter%5Blanguage%5D=0&filter%5Bcategory%5D=1&filter%5Bpublished%5D=0&task=search&filter_order=a.published_on. Acesso em: 31 mai. 2022.

VARGAS, Ricardo. Gerenciamento de Projetos. 6a ed. Brasport, 2005.

VARGAS, Ricardo. Manual Prático do Plano de Projeto. 3a ed. Brasport, 2007.

WOLFF, Christian. Princípio do Radar. tutorialradar.eu. Disponível em: <https://www.radartutorial.eu/01.basics/rb06.pt.html>. Acesso em: 17 mai. 2022.

ZHU, Zhiwei; HEADY, Ronald B. A Simplified Method of Evaluating PERT/CPM Network Parameters: IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT. IEEE. 1994, p. 426-430. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/364568>. Acesso em: 25 jun. 2022.

CAPÍTULO 2

CONSPECTO SOBRE A TEORIA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS E APLICAÇÃO PRÁTICA EM ESTUDO DE CASO SOBRE PERDAS EM TRANSFORMADORES ELÉTRICOS PORTÁTEIS

Data de aceite: 03/06/2024

Iraí Tadeu Ferreira de Resende

Ana Cláudia de Melo Oliveira

Denilson Gonçalves Pereira

Henrique Nunes de Santana

Anthony de Souza Matos Leão

Manoel Messias Araújo Santos

transformadores portáteis diferentes, 750 VA e 1500 VA, respectivamente, nas tensões de 127 V e 220 V, utilizando medidores de grandezas elétricas. Através da realização dos experimentos, percebeu-se que a potência máxima dissipada e o maior custo de energia foi encontrado quando realizado o experimento 2, com o transformador de 1500 VA, na tensão de 127 V, resultando numa perda de potência de 62,92 W e um custo mensal de R\$ 39,41.

PALAVRAS-CHAVE: Transformador Portátil, Arduino, Economia de energia

RESUMO: Transformadores são máquinas elétricas estáticas amplamente utilizadas na sociedade. Dentre eles existem os transformadores monofásicos. Um dos tipos de transformadores monofásicos utilizados são os transformadores portáteis ou autotransformadores, que permitem a utilização de níveis de tensão diferentes. Todavia, apesar de largamente comercializados, em diferentes níveis de potência, essas máquinas geram custos devido às perdas inerentes. Este trabalho propõe o projeto e montagem de uma bancada de medição de grandezas elétricas de baixo custo com objetivo de calcular perdas e custo de energia inerentes aos transformadores portáteis. Para isso foram realizados quatro experimentos em dois

ABSTRACT: Transformers are statical electric machines, used in society. Among then are the monophasic transformers. One kind of monophasic transformers are the portable transformers or autotransformers, allowing different voltage levels. Although widely commercialized, in diffente power levels, theses machines generate cost because of inerent losses. This work aims the project and assemble of a low-cost electrical magnitude measure bench to calculate energy losses and costs in portable transformers. Where performed four experiments in two differents portable transformers, 750 VA and 1500 VA,

respectively, in 127 and 220 voltage, using electrical magnitude measures equipment. Was perceived that the maximum power dissipated and the larger energy cost was found when performed the experiment 2, with the 1500 VA transformer, in 127 V, resulting a power of 62,92 W and a monthly cost of R\$ 39,41.

KEYWORDS: Portable Transformer, Arduino, Energy saving.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo indispensável para a manutenção da sociedade moderna. Presente no cotidiano das pessoas, seu uso está diretamente ligado com a qualidade de vida das mesmas, visto que, por exemplo, favorece o aumento da produção de alimentos no setor agropecuário, disponibilizando mais alimentação, auxilia na sustentação da vida das pessoas em hospitais com a utilização de maquinários, etc.

As formas de geração da energia elétrica são variadas, podendo ser de fonte hidráulica, eólica, térmica, nuclear etc. Porém, inerentemente ligado ao sistema de geração/transmissão/distribuição de energia elétrica, faz-se necessário o uso de um equipamento que permite que esse conjunto funcione de maneira adequada: o transformador.

Os transformadores elétricos são equipamentos que estão presentes em todo o mundo. Entre algumas de suas funções estão a de variar os níveis tensão elétrica e permitir que a energia possa tanto ser distribuída ao longo do sistema elétrico de um país com maior eficiência, como também que níveis seguros de tensão elétrica possam ser utilizados em dispositivos usados no cotidiano da sociedade.

Particularmente no Brasil, também devido à grande quantidade de concessionárias de energia elétrica, os níveis de tensão nas residências podem ser diferentes ao longo dos diferentes Estados: 127 V ou 220 V. Apesar de existir no mercado equipamentos bivolt, que podem operar com os dois níveis de tensão diferentes, alguns aparelhos utilizados nas residências não possuem essa opção, sendo necessário o uso de um transformador portátil, quando não há como utilizar os diferentes níveis de tensão diretamente da rede residencial.

Transformadores portáteis são equipamentos largamente aplicados nos lares brasileiros. Eles trazem a vantagem de serem manipulados para ligar equipamentos de diferentes níveis de tensão elétrica sem a necessidade de alteração do sistema elétrico residência, sendo assim, traz comodidade para seu usuário. Contudo, seu uso indevido pode não somente acarretar um gasto indevido de energia, como também pôr em risco à vida das pessoas devido ao seu mau dimensionamento.

Nesse sentido, será analisado um estudo de caso sobre perdas de energia em diferentes transformadores portáteis de tensão elétrica e sua influência no gasto de energia elétrica mensal.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Estudar as perdas de energia em diferentes transformadores portáteis de tensão elétrica.

Objetivos Específicos

Projetar e montar um equipamento portátil de teste para analisar as perdas nos transformadores portáteis com envio de sinal via bluetooth;

Analisar problemas relacionados ao dimensionamento do transformador portátil;

Estudar a influência das perdas em relação ao gasto mensal de energia elétrica.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Transformador

Com o avanço da tecnologia, atrelado ao uso da eletricidade e o aumento da sua demanda, alguns equipamentos elétricos se tornaram essenciais na sociedade moderna. Dentre eles se encontra o transformador: equipamento que surgiu devido à soma de vários estudos e descobertas feitos ao longo do tempo.

Um dos pioneiros, que contribuiu para o surgimento dos primeiros transformadores, foi Hans Christian Ørsted (1777- 1851), comprovou, em 1820, que a corrente elétrica produz um campo magnético, através do uso de uma bússola e um fio energizado, dando início assim aos estudos relacionados sobre a interação direta da eletricidade e o magnetismo (Silva, 2019).

Michael Faraday (1791-1867) dando continuidade ao trabalho iniciado por Ørsted, provou o fenômeno da indução em 1831, onde uma corrente elétrica em um determinado circuito pode induzir a formação de outra em um circuito diferente (Faraday & Ribeiro, 2021).

Alguns anos depois, Joseph Henry (1797-1878), assim como Faraday, descobriu que ao movimentar um ímã próximo a uma espira de material do tipo condutor, uma corrente elétrica é produzida. Tais descobertas fizeram possível a compreensão das leis de atração e repulsão magnética. (Mussoi, 2016).

Em 1836 Nicholas Callan (1799-1864) desenvolveu um transformador de bobina de indução, a fim de gerar uma alta tensão para fornecer energia elétrica a uma máquina de grande porte.

Entretanto, somente em 1886, William Stanley, engenheiro que trabalhava para George Westinghouse, empresário do setor elétrico do Estados Unidos, em associação com outros dois engenheiros Oliver Shallenberger e Albert Schmid, conseguem produzir um transformador comercial, estimulados pelas idéias de Gaulard e Gibbs, dois inventores europeus que também contribuíram no estudo dos transformadores (Coltman, 1988).

Outros nomes foram muito importantes até o resultado do transformador que se tem hoje. Dentre eles está o metalúrgico Norman Goss que estudou as propriedades do aço silício que seria utilizado na fabricação dos núcleos ferromagnéticos dos transformadores, reduzindo as perdas por histerese e aumentando a permeabilidade dos mesmos, propriedades importantes para que um material possa se tornar viável na confecção dos núcleos dos transformadores.

Definição do Transformador Elétrico

De modo geral, o transformador elétrico é um dispositivo responsável por modificar as tensões e correntes elétricas alternadas em um determinado sistema, através de um fluxo eletromagnético comum em ambos os lados. Na sua forma mais simples é constituído por duas bobinas separadas, denominadas bobina primária e secundária, ligadas por meio de um núcleo ferromagnético (Novais, Júnior e Silva, 2019).

De acordo com a ABNT, o transformador é um equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência (NBR 5356).

A IEC (*International Electrotechnical Commission*) define o transformador como um equipamento estático, com dois ou mais enrolamentos, que, por indução eletromagnética, converte um sistema de tensão e correntes alternadas em outro sistema, geralmente, com tensão e correntes diferentes da original e com a frequência mantida (IEC 60076).

Além dos enrolamentos descritos pelas normas acima, há também a presença de um núcleo ferromagnético. Esse componente é de suma importância para o melhor funcionamento deste equipamento, uma vez que é também um dos responsáveis por minimizar suas perdas. Segundo Martignoni (1991), esse núcleo é geralmente do tipo laminado, formado por lâminas isoladas entre si.

Aliás, Kosow (1982), diz que ele tem como finalidade combater as correntes parasitas e perdas por histerese, já que permite a concentração do fluxo magnético induzido ao estabelecer um coeficiente de acoplamento, relação entre o fluxo magnético produzido pelo primário que atravessa o secundário, próximo a 1.

Como retrata Finocchio e Ferreira (2018):

O núcleo possui várias características, entre elas podem-se citar as correntes de excitação, magnetização e do ferro. A corrente de excitação é responsável por suprir as perdas do núcleo e por produzir o fluxo magnético, sendo este fluxo mantido pela circulação constante da corrente de magnetização.

A imagem abaixo mostra de forma detalhada os elementos que constituem um transformador. É possível perceber o núcleo do transformador (constituído de material ferromagnético), envolto por duas bobinas (enrolamentos). Com a passagem de corrente elétrica por uma das bobinas surge um fluxo magnético e conseqüentemente uma diferença de potencial é induzida na outra bobina.

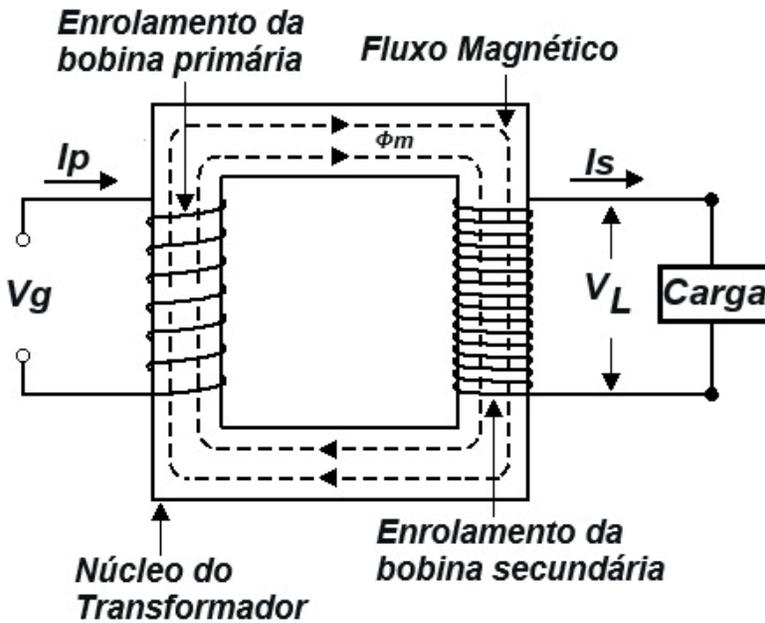


Figura 1: Transformador monofásico.

Princípio de Funcionamento

O fenômeno conhecido como indutância mútua, é um dos princípios responsáveis pelo funcionamento do transformador, de forma simples Boylestad (2012) afirma que:

Um transformador é constituído por dois enrolamentos dispostos de maneira que o fluxo magnético variável produzido por um deles aja sobre o outro. Isso resulta em uma tensão induzida nos dois enrolamentos.

Na Figura 2 está demonstrado o fenômeno de indutância mútua.

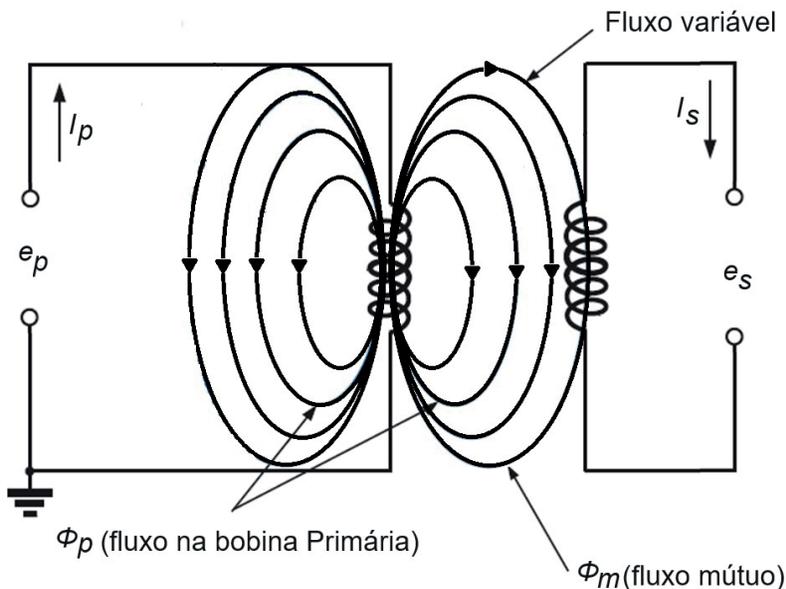


Figura 2: Indutância Mútua.

Dois princípios são necessários para compreender o princípio do transformador, a Lei da Indução de Faraday e a Lei de Lenz.

O fluxo magnético é representado pela constante Φ . Ao supor que uma espira envolvendo uma superfície de área A está sendo submetida a um campo magnético B (Halliday, Resnick & Walker, 2016), tem-se:

$$\Phi = \int B \cdot dA \tag{1}$$

Segundo a Lei de Faraday, quando um fluxo magnético é variado com o tempo em uma bobina com N espiras, uma diferença de potencial é induzida (Azevedo et al., 2017).

O módulo da equação (2) é apresentado como: e_p sendo a f.e.m induzida, N_p é referente à quantidade de espiras, $d\Phi_p$ é a variação do fluxo magnético e dt é a variação do tempo, assim:

$$e_p = N_p \frac{d\Phi_p}{dt} \tag{2}$$

Souza, Silva e Balthazar (2017), afirmam que a Lei de Lenz completa a de Faraday, sendo que quando o fluxo magnético através de um condutor varia no tempo, surge neste condutor uma corrente que dá origem a um campo magnético cujo fluxo tende a se opor à variação que lhe deu origem.

Tipos de transformadores

Existem diversos tipos de transformadores que atuam com finalidades diferentes em um circuito elétrico. Dentre eles existem os transformadores de tensão, corrente, potencial e autotransformadores.

Transformadores de Tensão

Tem como finalidade alterar os valores da tensão elétrica em um circuito devido à presença de duas ou mais bobinas acopladas em um núcleo constituído de material ferromagnético. Podem ser do subtipo abaixador, utilizado para diminuir a tensão da rede a níveis adequados de consumo ou elevador, utilizado para aumentar os níveis de tensão na bobina secundária (Alves *et al.*, 2022).

Os transformadores de tensão ainda podem ser monofásicos ou trifásicos. Os transformadores de tensão monofásicos possuem apenas duas bobinas, uma primária e outra secundária (Figura 1), enquanto os transformadores trifásicos possuem seis bobinas, três primárias e três secundárias (Figura 4).

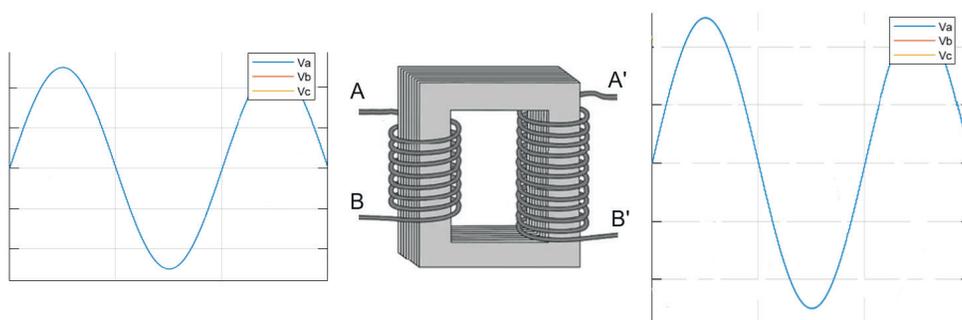


Figura 3: Transformador Monofásico.

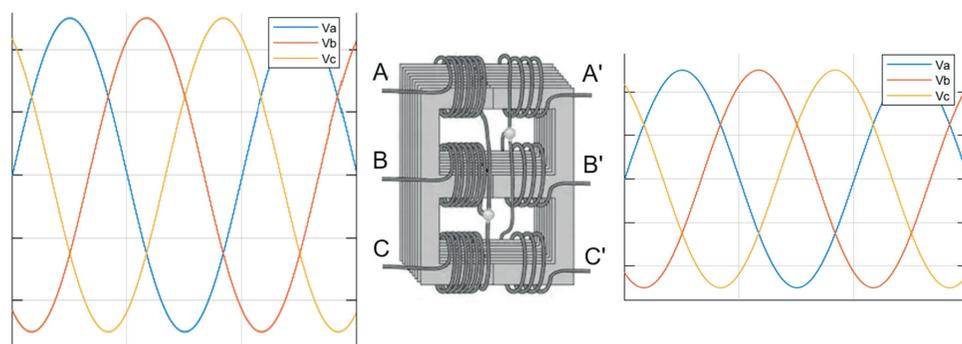


Figura 4: Transformador Trifásico.

Transformador de Corrente

São transformadores que tem por propósito identificar e/ou medir a corrente elétrica que circula em um circuito, através da transformação dessa corrente em um menor valor, o que possibilita a sua medição através de instrumentos que originalmente não suportam altos níveis de corrente. A Figura 5 demonstra a ligação de um transformador de corrente em um circuito (Mendonça *et al.*, 2021).

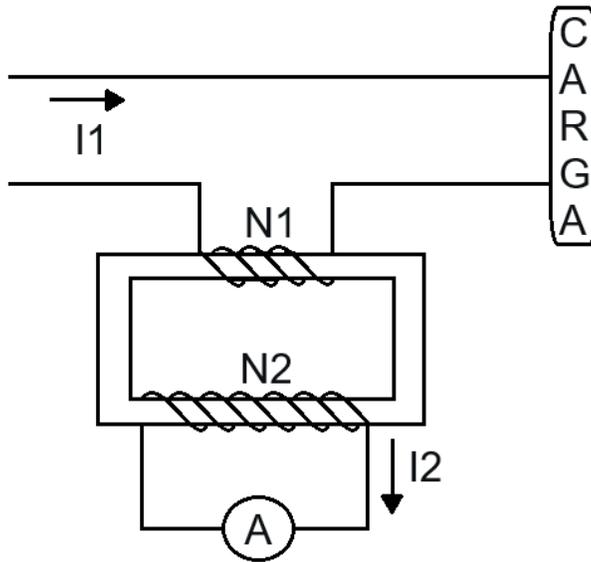


Figura 5: Transformador de Corrente.

Transformador de Potência

O transformador de potência tem como finalidade reduzir o potencial elétrico que se deseja medir em um circuito a níveis seguros para o operador do instrumento de medição. Neste tipo de transformador, o enrolamento primário é ligado ao circuito o qual se deseja medir o potencial elétrico, enquanto o secundário é ligado ao instrumento de medição. Na Figura 6 está demonstrada a conexão de um transformador de potência (Segatto & Coury, 2008).

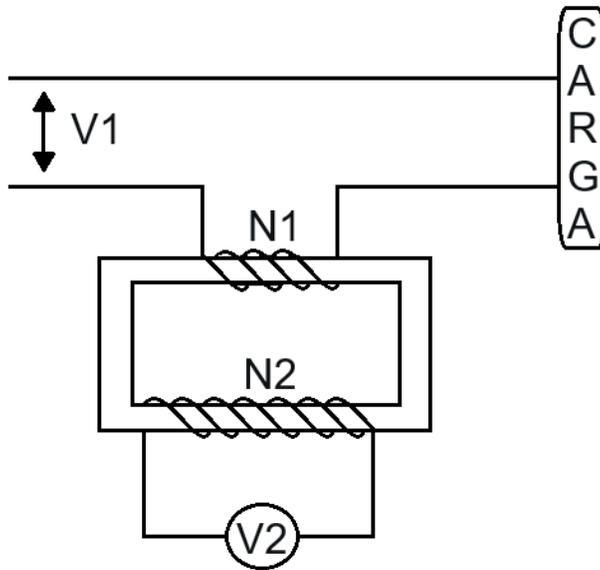


Figura 6: Transformador de Potencial.

Transformador Portátil Residencial

O transformador portátil residencial, assim como o transformador convencional, é utilizado tanto para reduzir como para elevar os níveis de tensão de uma rede elétrica.

Na Figura 7 está demonstrado um transformador portátil simples. O mesmo, no exemplo, transforma a tensão da rede elétrica de 110V para 220V e vice-versa.



Figura 7: Transformador Portátil Comercial.

Possui como grande vantagem o custo reduzido para sua aquisição, quando comparado aos transformadores convencionais para cumprirem a mesma função, pois é constituído com menos materiais e facilidade para que os consumidores venham a ligar os equipamentos eletroeletrônicos residenciais.

Todavia, um problema comum é que no ato da aquisição do mesmo por parte do consumidor, em geral, a potência do autotransformador não é levado em consideração, estando incompatível com a potência do aparelho onde ele será conectado, acarretando no surgimento de níveis de correntes indesejadas que, sem a adequada proteção, podem por em risco o sistema elétrico residencial e assim causa acidentes e danos.

TRANSFORMADORES NO COTIDIANO

Quando há necessidade de se conectar um equipamento, em geral eletrodomésticos, à rede elétrica e a mesma não fornece a tensão elétrica adequada para o equipamento (127 V ou 220 V), é comum se utilizar um transformador portátil. Ainda assim, a utilização desses equipamentos para o funcionamento de eletrodomésticos de uso constante deve ser sempre evitado, buscando-se alternativas, como a verificação do quadro de distribuição para obtenção da tensão necessária ou solicitação de readequação da alimentação de entrada da residência para a tensão requerida por parte da concessionária de energia. A Figura 8 demonstra duas situações: a) quando há a possibilidade da implementação da tensão elétrica de 220V em uma residência analisando a entrada a partir do medidor de energia e b) quando não há possibilidade da implementação da tensão elétrica 220V em uma residência.

Quando uma residência possui duas fases, considerando fase e neutro 127 V, é possível fazer a instalação de um equipamento 220 V, com a utilização de duas fases. Logo, é possível a readequação da rede interna e assim distribuir um circuito com 220 V. Porém, no segundo caso, quando a residência é alimentada somente com uma fase e um neutro, perfazendo 127 V, é necessário um transformador portátil, para sanar essa falta de tensão elétrica específica, excluindo-se as possibilidades anteriores.

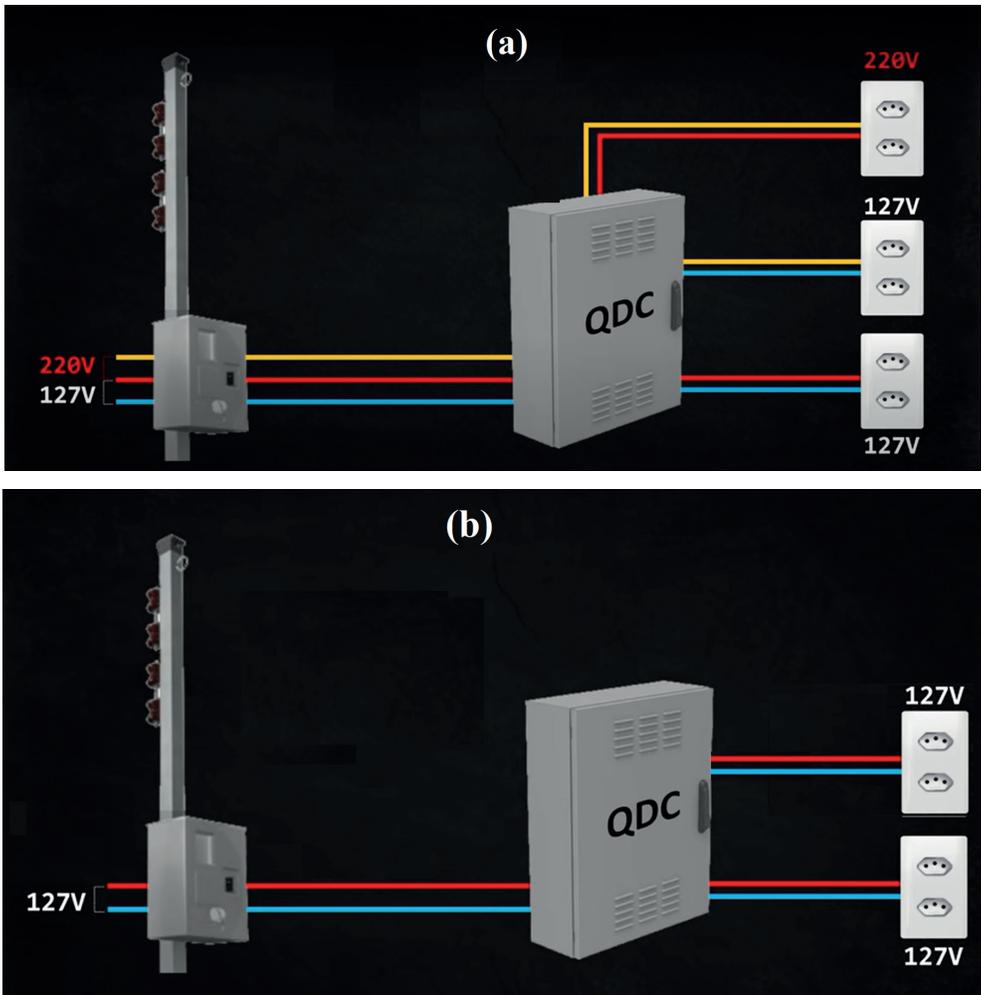


Figura 8: Esquema de distribuição de tensão elétrica em uma residência com tensão elétrica fase-fase 220 V (a) e sem tensão elétrica 220 V.

Em geral, os transformadores portáteis comerciais, são vendidos para a transformação da tensão de 127 V para 220 V ou de 220 V para 127 V. Embora, ao escolher esse equipamento, alguns cuidados precisam ser tomados a partir da própria instrução do fabricante. Dentre esses cuidados estão principalmente: a relação entre a potência máxima suportada pelo transformador, a potência do equipamento a qual será conectada ao transformador e o seu fator de potência (que depende do tipo de carga). Arelado a isso, é necessário também observar a temperatura máxima suportada pelo transformador, que está relacionada a carga conectada a ele e que, mesmo sem carga, ou seja, a vazio, o transformador consome energia, sendo o consumo maior para transformadores que suportam maior potência.

TRANSFORMADOR IDEAL

O transformador ideal é aquele em que as perdas não são consideradas. O núcleo tem como característica uma alta permeabilidade, o que confina todo o fluxo magnético nele e a resistência dos enrolamentos não são consideradas.

É sabido que o enrolamento primário é aquele alimentado pela fonte de alimentação. Através disso, com o princípio da indutância mútua, ao ser aplicada uma tensão $v = V\text{sen}(\omega t)$, um fluxo magnético ϕ_m , se movimenta no núcleo do transformador, responsável pelo surgimento da força eletromotriz exposta pela equação (2). Esse fluxo é dado por:

$$\Phi_m = \frac{V \cos(\omega t)}{\omega N} \quad (3)$$

Onde: V é a tensão na linha, ω é a velocidade angular e N é quantidade de espiras no enrolamento.

É importante salientar que quando a corrente na bobina primária (I_p) for máxima, o fluxo magnético é máximo e diretamente proporcional a corrente primária. A Figura 2, mostrada anteriormente, demonstra as correntes primária (I_p) e secundária (I_s) em um transformador.

Dessa forma, pode se afirmar, ao analisar a Figura 10, que:

$$i_p = \sqrt{2}I_p \text{sen}(\omega t) \quad (4)$$

e

$$\phi_m = \Phi_m \text{sen}(\omega t) \quad (5)$$

Ainda, a Lei de Faraday, para a condição ideal nos transformadores, apresenta:

$$e_p = N_p \frac{d\phi_p}{dt} = N_p \frac{d\phi_m}{dt} \quad (6)$$

Onde: $d\phi_p$ é o fluxo associado ao enrolamento primário.

Como foi exposto, quando o transformador é considerado ideal suas perdas são ignoradas, nesse sentido pode-se deduzir que $v = e_p$

Associando a equação (6) com a (5), substituindo ϕ_m por seu devido valor, obtém-se:

$$e_p = N_p \frac{d}{dt} (\Phi_m \text{sen}(\omega t))$$

Ao aplicar a derivada na equação acima, encontra-se:

$$e_p = \omega N_p \Phi_m \cos(\omega t)$$

ou

$$e_p = \omega N_p \Phi_m \text{sen}(\omega t + 90^\circ)$$

Logo, mostra a tensão induzida e_p adiantada em relação à corrente do enrolamento primário, tendo como valor eficaz:

$$E_p = \frac{\omega N_p \Phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N_p \Phi_m}{\sqrt{2}}$$

então,

$$E_p = 4,44 f N_p \Phi_m \quad (7)$$

Como neste caso, os valores dos fluxos magnéticos, tanto no enrolamento primário como no secundário, são idênticos, faz com que seja possível refazer o procedimento acima voltado para o secundário. Dessa maneira, não é difícil perceber que $E_p = E_s$. Considerando E_s como o valor *rms* (do inglês, *root mean square*) da tensão no enrolamento secundário.

Essas equações revelam algo muito importante para análise de transformadores. Ao correlacionar o enrolamento primário e secundário da equação (6), estabelece:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (8)$$

Isso demonstra que o módulo da relação das tensões induzidas do primário e do secundário é igual a relação entre o número das espiras dos equivalentes enrolamentos.

Vale salientar aqui que a divisão entre as espiras, geralmente é apresentada como sendo intitulada como relação de transformação.

$$\alpha = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (9)$$

A mesma abordagem se aplica para as correntes, obtém-se:

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \quad (10)$$

Ao analisar a equação acima, percebe-se que a razão entre as correntes no primário e no secundário de um transformador é inversamente proporcional à relação entre as espiras. Admitindo isso, pode-se afirmar que a potência de entrada deve ser igual à de saída, posto que:

$$E_p I_p = E_s I_s \quad (11)$$

Rearranjando a equação (11), e substituindo na equação (8), tem-se que:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{1}{\alpha} = \frac{I_p}{I_s} \quad (12)$$

Dividindo-se as equações 8 pela 12, obtemos:

$$\frac{E_p / E_s}{I_p / I_s} = \frac{\alpha}{1/\alpha} \quad (13)$$

Assim, encontra-se;

$$Z_p = \alpha^2 Z_s \quad (14)$$

Nesse contexto, a impedância do primeiro circuito do transformador, em suas condições ideais, dada pela letra Z_p , é igual ao quadrado da transformação multiplicada pela impedância da carga, sendo essa representada por Z_s .

Transformador Real

Nos transformadores reais todas as perdas inerentes do sistema devem ser consideradas. De acordo com Alves e Nogueira (2009), as perdas são designadas como “escoamentos de potência”, uma vez que o valor da potência de saída é diferente da entrada.

Na Figura 9 está representado o modelo do transformador real.

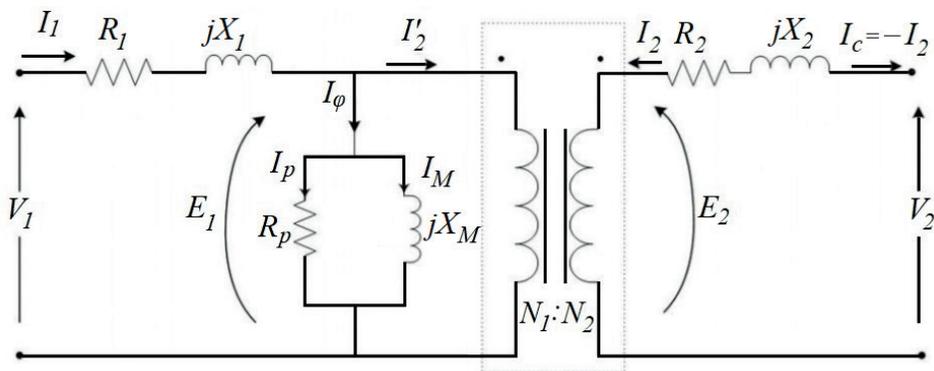


Figura 9: Modelo do Transformador Real

Fonte: Jordão, 2002 (adaptado).

Onde:

V_1 - tensão elétrica de entrada e V_2 tensão elétrica de saída;

I_1 e I_2 - corrente no primário no secundário, respectivamente;

I_M - Indutância mútua

R_1 e R_2 - resistências dos enrolamentos do primário e secundário, respectivamente;

jX_1 e jX_2 - as reatâncias de dispersão do primário e secundário, respectivamente;

jX_M - a reatância de magnetização;

R_p - representa as perdas do núcleo;

I_ϕ - a corrente de excitação.

Perdas nos Transformadores

Existem basicamente quatro tipos de perdas mais importantes a serem estudadas em transformadores, que estão diretamente associadas aos condutores e o núcleo ferromagnético. Duas delas constituem as perdas no ferro (também chamada de perdas no núcleo), que ocorrem devido às perdas pelo fenômeno de histerese e correntes parasitas, também chamada de perda Foucault e duas diretamente associadas às perdas no cobre (também chamada de perdas nos enrolamentos), que ocorrem uma devido à resistência elétrica do material constituinte dos enrolamentos (resistência ôhmica), traduzida como perda por efeito Joule e outra devido a fluxos de dispersão magnéticos inerentes do núcleo (Jiles e Atherton, 1984; Oliveira, 2018).

- 1. Perda por histerese:** Está relacionada à reorganização dos átomos, contidos em uma região chamada domínio magnético, provocada pela propriedade dos materiais ferromagnéticos que compõem o núcleo do transformador. A cada ciclo, uma pequena energia é gasta a fim de alinhar novamente os momentos magnéticos, conseqüentemente, devido aos diversos ciclos, há um aumento na temperatura do transformador que pode culminar na redução da eficiência do transformador. A utilização de materiais de alta permeabilidade magnética, reduz esse tipo de perda (SANTOS, 2006);

A equação (15) expressa às perdas em função do tipo de material do núcleo, frequência de alimentação da rede, tensão de alimentação do transformador, número de espiras nos enrolamentos e área da seção transversal do núcleo:

$$P_H = k \cdot \left(\frac{2 \cdot f \cdot V_1}{N \cdot A \cdot \omega} \right)^2 \quad (15)$$

Onde:

P_H – Perdas por histerese;

k – Constante associada ao material constituinte do núcleo;

f – Frequencia da rede;

V_1 – Tensão eficaz da rede;

A – Área da seção transversal do núcleo;

N – Número de espiras;

ω – Velocidade angular;

- 2. Correntes de Foucault:** Ao aplicar um fluxo variante no tempo em um transformador associado a um campo magnético, correntes começam a circular no interior do núcleo. Essas correntes são conhecidas como correntes parasitas e elas acabam proporcionando perdas, uma vez que, devido às movimentações dos elétrons, provocam efeito Joule. Essas perdas podem ser minimizadas laminando o núcleo do transformador (Chapman, 2013);

A equação (16) expressa às perdas devido às correntes de Foucault, relacionadas ao tipo de material do núcleo, frequência de alimentação da rede, tensão de alimentação do transformador, número de espiras nos enrolamentos e área da seção transversal do núcleo:

$$P_F = k \cdot \left(\frac{2 \cdot f \cdot V_1}{N \cdot A \cdot \omega} \right)^2 \quad (16)$$

Onde:

P_F – Perdas por Histerese;

k – Constante associada ao material constituinte do núcleo;

f – Frequencia da rede;

V_1 – Tensão eficaz da rede;

A – Área da seção transversal do núcleo;

N – Número de espiras;

ω – Velocidade angular;

- 3. Perda nos enrolamentos:** Quando uma corrente elétrica percorre um condutor, neste caso do tipo cobre, surge a energia térmica, justamente pela movimentação dos elétrons. Conhecido também como efeito Joule é diretamente proporcional ao quadrado da corrente do enrolamento. Tais perdas no transformador variam com a diminuição ou aumento da potência da carga;
- 4. Fluxo de dispersão:** São linhas do fluxo magnético que saem dos enrolamentos, núcleo e das partes metálicas do transformador dão origem a correntes parasitas circulantes. São representados pela adição de uma reatância indutiva de dispersão em série com cada enrolamento.

A equação (17) expressa às perdas devido ao cobre, relacionadas às resistências e correntes nos enrolamentos primário e secundário, as correntes parasitas circulantes devido ao fluxo de dispersão nos enrolamentos, núcleo e partes metálicas:

$$P_{Cobre} = Z_1.I_1^2 + Z_2.I_2^2 + P_{D1} + P_{D2} \quad (17)$$

Onde:

P_C – Perdas no cobre;

Z_1 – Impedância na bobina primária;

Z_2 – Impedância na bobina secundária;

I_1 – Corrente na bobina primária;

I_2 – Corrente na bobina secundária;

P_{D1} – Perdas devido o fluxo de dispersão nos enrolamentos;

P_{D2} – Perdas devido o fluxo de dispersão no núcleo e materiais metálicos;

Nesse contexto, faz-se necessário considerar em um transformador real: os efeitos da resistência dos enrolamentos, como dos fluxos dispersos, e também, ter a permeabilidade finita no núcleo-não linearidade.

Outro fator relevante no transformador real é a corrente de excitação. Como retrata Alves e Nogueira (2009):

além de ser responsável pelo estabelecimento do fluxo magnético no núcleo do transformador, a corrente de excitação é responsável por suprir as perdas que o transformador apresenta quando operando em vazio, quais sejam: perdas por histerese e perdas oriundas das correntes de Foucault (ou correntes parasitas). Logo, podemos concluir que a corrente de excitação é composta por duas correntes distintas: a corrente de magnetização e a corrente que supre as perdas em vazio.

Portanto;

$$I_{exc}(t) = I_{\varphi}(t) + I_{histerese} + I_{foucault}(t) \quad (18)$$

A partir da Figura 11, deduz-se que a corrente do primário é dada pela equação abaixo:

$$I_1 = I_{\varphi} + I_2' \quad (19)$$

Sendo I_{φ} a corrente magnetizante do núcleo I_2' e a corrente vista do primário.

$$I_2' = \frac{N_S}{N_P} \cdot I_2 \quad (20)$$

Essa corrente magnetizante é:

$$I_{\varphi} = I_p + I_M \quad (21)$$

Ao analisar a Figura 11 pode-se extrair as equações da tensão primária e secundário do transformador real, sendo respectivamente:

$$V_1 = E_1 + (R_1 + jX_{L1})I_1 \quad (22)$$

e

$$V_2 = E_2 + (R_2 + jX_{L2})I_2 \quad (23)$$

As perdas no núcleo do transformador é:

$$P_n = I_\varphi \cdot E_1 \quad (24)$$

A regulação de tensão é uma grandeza responsável por verificar a variação de tensão entre os seus terminais do regime a vazio até a carga em plena operação. Para este efeito, a tensão primária é considerada constante. Dito isso, a regulação pode ser dada em porcentagem, logo:

$$\%R = \left(\frac{V_2 - V_2'}{V_2} \right) 100\% \quad (25)$$

A eficiência é a relação entre a potência elétrica de saída, proporcionada pelo secundário do transformador, e a de entrada, alimentada pela fonte de tensão elétrica. Entretanto, como o transformador é do caso real, as perdas devem ser consideradas, assim:

$$\eta = \left(\frac{P_{saída}}{P_{saída} + P_{perdas}} \right) 100\% \quad (26)$$

Além disso, existe uma forma de analisar como a eficiência varia com a carga. Sendo a potência de saída:

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \theta \quad (27)$$

Então,

$$\eta = \left(\frac{P_{saída}}{P_{saída} + P_{perdas}} \right) = \frac{U_2 I_2 \cos \theta}{U_2 I_2 \cos \theta + W_N + R I_2^2} \quad (28)$$

Ademais, segundo Souza e Almeida (2010), as perdas a vazio em transformador, são oriundas das correntes parasitas, Foucault e pela histerese. Essas perdas representam entre 1 a 2% das perdas nominais e dependem das condições magnéticas.

A corrente a vazio é lida através do amperímetro, sendo:

$$P_{ca} = VI\varphi \cos \theta = VI_C \quad (29)$$

$$I_M^2 = I_\varphi^2 - I_C^2 \quad (30)$$

A partir da leitura no equipamento, têm-se:

$$R_p = \frac{V_{ca}}{P_{ca}} \quad (31)$$

Arduino e Módulo Bluetooth

O arduino é um dispositivo programável de prototipagem eletrônica, contendo, principalmente, um microcontrolador. Por permitir um conjunto de entradas e saídas analógicas e digitais, em geral, está associado a sensores, chaves e atuadores. Por possuir software e hardware livre, é largamente utilizado para o controle de uma variedade de elementos eletroeletrônicos, assim como envio de informação, seja via *wire* ou *wireless* (McROBERTS, 2010).

Em 2020, Resende *et al.*, utilizaram o arduino, juntamente com outros dispositivos eletrônicos, para aquisição de dados de temperatura e controle do tempo de reações de síntese de ésteres etílicos. Foi possível, através da interação do arduino com sensores e atuadores, a aquisição de dados e estudo das respostas do sistema desenvolvido de forma satisfatória.

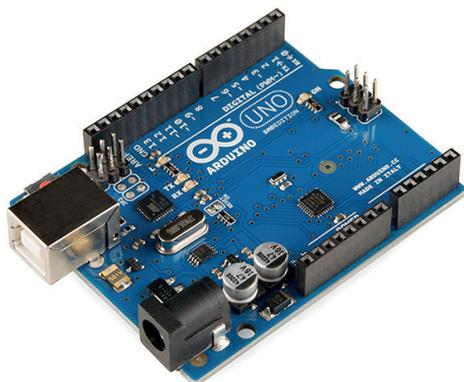
Teikari *et al.* (2012), utilizou o arduino para controle de luminosidade de LEDs em experiências para estímulos visuais, pupilometria, em roedores e em testes de fotometria em humanos. Os pesquisadores demonstraram que é possível obter resultados satisfatórios utilizando o arduino, apesar do baixo custo dos materiais utilizados.

Ferdoush & Li(2014), propuseram em seu trabalho, para monitoramento de variáveis climáticas, a utilização de um sistema de baixo custo contendo arduino e sensores associados. Os resultados demonstraram além da aquisição de dados confiáveis, a redução de custos quando comparado a outros equipamentos já utilizados no mercado.

Silva *et al.* (2019) em seu trabalho, utilizaram a plataforma arduino juntamente com um módulo bluetooth HC-05 para fazer aquisição de dados de sensores para monitoramento da integridade de uma estrutura de concreto, para recepção e emissão dos dados de deformação da mesma. Os autores concluem que a utilização do arduino e do módulo bluetooth HC-05 foram fundamentais para o envio de dados relacionados à aquisição, controle e transmissão de dados relacionados a forças, deformações e deslocamentos da estrutura trabalhada.

Na Figura 9 observamos um exemplar da plataforma Arduino (a) e do Módulo Bluetooth HC-05.

(a)



(b)

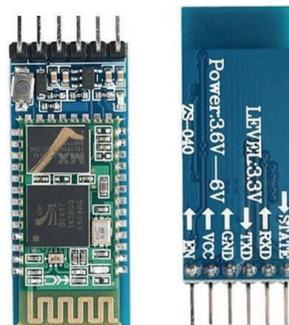


Figura 9: (a) Plataforma Arduino e (b) Módulo Bluetooth.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foi montada uma bancada portátil para medição das correntes de entrada e saída, assim como as tensões e potência dissipada no transformador, com intuito de averiguar as possíveis perdas advindas do transformador portátil. Para isso, o projeto da bancada foi dividido em três partes:

- estrutural: onde os equipamentos elétricos de medição, transmissão e auxiliares foram montados;
- elétrica de medição e auxiliar: contendo os equipamentos medidores de corrente, tensão, potência e fator de potência (multimedidores), duas tomadas 2P + T 10A, cabeamento, disjuntores e transformadores;
- transmissão de dados: contendo arduino, sensor de corrente, módulo Bluetooth e cabeamento.

O esquema ilustrativo de montagem dos equipamentos da bancada proposta está demonstrado na Figura 10. Na rede de energia foi acoplado um multimedidor que estará conectado a uma tomada onde a bobina primária do transformador foi conectada. A entrada do transformador foi conectada a um disjuntor e este conectado à outra tomada. Em seguida estes elementos foram conectados ao primeiro multimedidor e ao primeiro sensor de corrente do arduino, enquanto a bobina secundária do transformador foi conectada a um disjuntor que está conectado à tomada. Também foi conectado a tomada o segundo multimedidor e o segundo sensor de corrente do arduino, que, conseqüentemente, estavam ligados à tomada do equipamento elétrico utilizado como fonte de resistência elétrica. Por fim, ao Arduino foi conectado um módulo de bluetooth para a aquisição de dados do sistema.

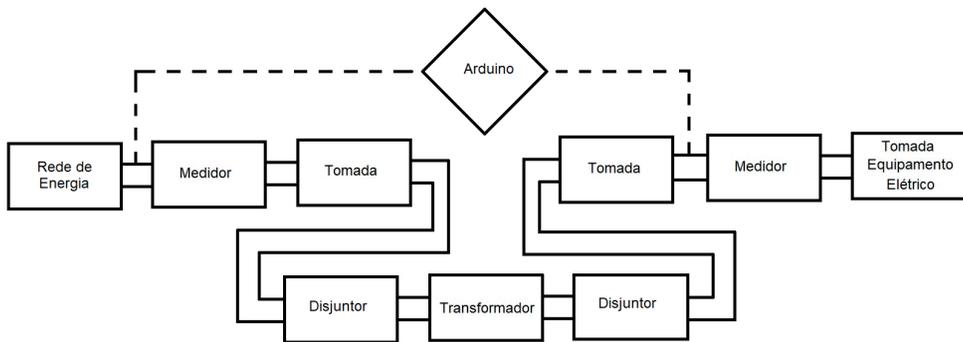


Figura 10: Fluxograma de visualização do sistema proposto.

A Figura 11 demonstra o modelo do equipamento portátil planejado que implementado na prática. É possível visualizar os medidores das grandezas elétricas em M1 e M2, o módulo bluetooth em B1, a tomada T1 ligada à bobina primária do transformador, a tomada T2 ligada a bobina secundária do transformador, a tomada T3 ligada ao equipamento (carga), e os disjuntores de proteção das bobinas primárias e secundária D1 e D2.

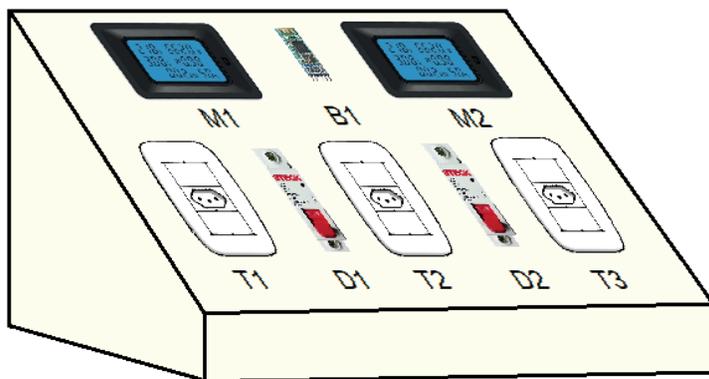


Figura 11: Modelo de equipamento portátil para medição das perdas.

Para realização deste estudo de caso, foram utilizados dois transformadores portáteis de 750 VA e 1500 VA de potência, respectivamente, escolhidos por serem facilmente encontrado à venda no comércio. Foram feitas duas medições, a vazio, nas tensões de 127 V e duas medições, a vazio, nas tensões de 220 V, com intuito de medir a corrente que circula no primário dos transformadores, a potência dissipada e relacionar com os custos gerados pelos transformadores funcionando a vazio. A Tabela 1 descreve a relação dos experimentos realizados.

Experimento	Tensão (V)	Potência do Transformador (VA)	Tempo de consumo (horas)	Potência dissipada (Wh)	Custo (R\$)
1	127	750	720		
2	127	1500	720		
3	220	750	720		
4	220	1500	720		

Tabela 1: Experimentos a serem realizados para medição de correntes, potência e custo mensal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 12 está demonstrada as medições a vazio de correntes que circulam no transformador de 750 VA (a) e no transformador de 1500 VA (b) quando a bobina primária está ligada em 127 V. É possível perceber que já circula uma corrente nos transformadores, respectivamente de 0,48 A e 1,49A, resultando em uma perda de potência de 9,78 W e 62,92 W. Os transformadores ligados sem carga durante 24 horas e 30 dias por mês geraria um custo de aproximadamente R\$ 6,13 e R\$ 39,41 considerando o preço do kWh R\$ 0,87.

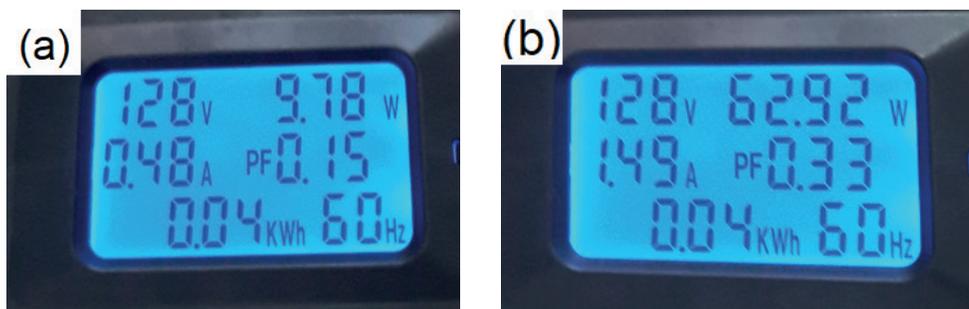


Figura 12: Medição de corrente, potência, tensão e fator de potência no transformador de 750 VA (a) e no transformador de 1500 VA (b)

Na Figura 13 está demonstrada as medições a vazio de correntes que circulam no transformador de 750 VA (a) e no transformador de 1500 VA (b) quando a bobina primária está ligada em 220 V. É possível perceber que já circula uma corrente nos transformadores, respectivamente de 0,24 A e 0,48A, resultando em uma perda de potência de 8,99 W e 37,61 W, uma diferença a menos, em porcentagem, quando comparamos com a ligação em 127 V das bobinas primárias, de aproximadamente 8,08% e 40,22%. Os transformadores ligados sem carga durante 24 horas e 30 dias por mês geraria um custo de aproximadamente R\$ 5,63 e R\$ 23,55 considerando o preço do kWh R\$ 0,87.



Figura 13: Medição de corrente, potência, tensão e fator de potência no transformador de 750 VA (a) e no transformador de 1500 VA (b).

Na Tabela 2 estão descritas as relações entre experimentos realizados. É possível notar os valores medidos da potência dissipada pelos transformadores com ensaios a vazio, tempo de consumo e custo mensal.

Experimento	Tensão (V)	Potência do Transformador (VA)	Tempo de consumo (horas)	Potência dissipada (Wh)	Custo (R\$)
1	127	750	720	9,78	6,13
2	127	1500	720	62,92	39,41
3	220	750	720	8,99	5,63
4	220	1500	720	37,61	23,55

Tabela 2: Relação entre potência dissipada, tempo de consumo e custo mensal nos transformadores.

Na Tabela 3 estão descritos os custos necessários para a aquisição dos equipamentos que farão parte da banca experimental.

Estrutural	Equipamento	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
1	MDF	Suporte para os equipamentos	1	150,00
Elétrica, medição e auxiliar	Equipamento	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
1	Medidores	Medição das grandezas elétricas	2	240,00
2	Tomadas 2P + T 20A	Alimentação do Transformador	2	30,00
3	Cabeamento 2,5 mm ²	Energização dos equipamentos	1	30,00
4	Disjuntor	Proteção dos equipamentos	1	15,00
Transmissão de dados	Equipamento	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
1	Arduino	Gerenciamento de Sinais	1	40,00
2	Sensor de corrente	Medição de corrente elétrica	2	80,00
3	Módulo Bluetooth	Envio de sinal	1	25,00
4	Cabeamento	Energização dos equipamentos	1	5,00
5	Fonte	Energização do Arduino	1	15,00
Total	-	-	-	630,00

Tabela 3: Custo da bancada e seus equipamentos.

CONCLUSÕES

Através dos primeiros ensaios com transformadores, percebeu-se a dissipação de potência nos mesmos, sem carga acoplada. Tal perda está diretamente ligada a um custo anual de centenas de reais, com base nos ensaios com os modelos utilizados. As perdas são advindas da resistência das bobinas e do núcleo, da corrente de Foucault, indutâncias de dispersão nas bobinas e por histerese e assim percebe-se na prática o surgimento de perdas de potência previstas na teoria.

Por fim, percebemos que o mau uso do transformado de potência, seja devido a um mau dimensionamento ou uso indevido do mesmo, pode acarretar em problemas graves como super aquecimento do equipamento ou mesmo gerar custos indevidos no consumo da energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.; SOUZA, E. M.; MACHADO, C. P.; LITTIKE, K. A.; SILVA, D. M. S. O transformador: teoria, construção e análise do rendimento. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, p 1-13, 2022.

ALVES, N. M. S; NOGUEIRA., G. J. D. C. Transformadores de potência: teoria e ensaios, tópicos essenciais. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRJ, 2010.

AZEVEDO, Giovanni; PEIXOTO, Carlos; BARGOS, Fabiano; MENGATTI, Carlos. Gerador trifásico de baixo custo para o ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 1-7, jan./2017.

BOYLESTAD, Robert L. Introdução à Análise de Circuitos. 12. ed. SÃO PAULO: PEARSON, 2012. p. 1-959.

CHAPMAN, Stephen. Fundamentos de Máquinas Elétricas, 5ª Ed, Porto Alegre, 700 pp., 2013.

COLTMAN, John. The Transformer. Scientific American, v. 258, n. 1, 86-95, 1988.

FARADAY, Michael. A história química de uma vela: as forças da matéria. Tradução de Vera Ribeiro. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

FERDOUSH, Sheikh; LI, Xinrong. **wireless sensor network system design using raspberry pi and arduino for environmental monitoring applications**. Procedia Computer Science, v. 34, 103-110, 2014. doi: 10.1016/j.procs.2014.07.059.

FINOCCHIO, Marcos; FERREIRA, Jeferson. Estimativa das correntes elétricas no núcleo dos transformadores. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, p. 1-16, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 1-812.

IEC (International Electrotechnical Commission) 60076. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60076-1%7Bed3.0%7Db.pdf>. Acesso em: 06 maio 2024.

JILES, David; ATHERTON, David. Theory of ferromagnetic hysteresis. *Journal of Applied Physics*, v. 55, n. 6, 2115–2120, 1984. <https://doi.org/10.1063/1.333582>.

JORDÃO, Rubens. *Transformadores*. Ed. Edgar Blücher, 1ª Ed., São Paulo, 197 pp., 2002.

KOSOW, Irving. *Máquinas Elétricas*. Tradução de Felipe Daiello e Percy Soares. 4 ed. São Paulo: Globo, 1982.

MARTIGNONI, Alfonso. *Transformadores*. 8 ed. São Paulo: Globo, 1991.

MENDONÇA, Acácio; LOPEZ, Augustin; SANTANA, Danilo; NASCIMENTO, Eduarly; CARRERA, Gilberto; LEMOS, Hitalo; RIOS, Ricardo; MORAES, Ricardo. *Transformador de Corrente (TC) para subestação de distribuição (SED)*. Especificação Técnica Unificada - ETU 102. 7 ed. Brasil: Energisa, 2021.

McROBERTS, Michael. *Arduino Básico*. 8. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

MUSSOI, Fernando. *Fundamentos de Eletromagnetismo*. 3 ed. Santa Catarina: Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, 2007.

NBR 5356 – Transformador de Potência. Disponível em: <<http://www.ifba.edu.br/PROFESSORES/castro/NBR5356.PDF>>. Acesso em: 06maio 2024.

NOGUEIRA, D. D. S; ALVES, Diego Prandino. *Transformadores de potência: teoria e aplicação tópicos essenciais*. Rio de Janeiro, p. 1-212, 2009.

NOVAIS, Isabela, JÚNIOR, Acrísio, SILVA, Sérgio. **Modeling Three-Phase Transformers. 17th International Conference on Renewable Energies and Power Quality**, v. 17, 1-6, 2019. <https://doi.org/10.24084/repqj17.233>.

OLIVEIRA, J. C. **Transformadores - Teoria e Ensaios** Ed. Edgar Blücher, 2ª Ed, São Paulo, 188 pp., 2018. PORTO, J. O. B. E. P. A. Michael Faraday e a história química de uma vela: um estudo de caso sobre a didática da ciência. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, p. 23-209.

RESENDE, I.T.F.; ANDRADE, V.C.V.; CORIOLANO, D.L.; OLIVEIRA, A.C.M.; GONÇALVES, D.P.; YERGA, R. M. N.; FIERRO, J. L. G.; BILAL, M.; BHARAGAVA, R. N.; FERREIRA, L. F. R.; ALSINA, O. L. S.; FIGUEIREDO, R.T. **Use of a solar low-cost open-source controlled plant for WCOEE synthesis based on eggshell catalyst**. *Bioresource Technology Reports*, v. 11, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100430>.

SANTOS, L. **Cálculo das Perdas Técnicas dos Transformadores de Distribuição Operando em Ambiente Não-Senoidal**. Dissertação de Mestrado, UNESP, 122 F, 2006.

SEGATTO, Ênio; COURY, Dênis. Redes neurais aplicadas a relés diferenciais para transformadores de potência. *Revista Controle & Automação*, v.19 n.1, 93-106, 2008.

SILVA, A. P. B. D. Distorções científicas perenes e suas consequências para o ensino de ciências: a relação entre eletricidade, magnetismo e calor. **Revista Brasileira de Ensino da Física**, Revista, v. 41, n. 20180311, p. 4, mai./2019.

SILVA, João; AVI, Ana; FORTI, Nadia; PIMENTEL, Lia; BRANQUINHO, Omar. **Desenvolvimento de sistema de baixo custo para monitoramento de integridade estrutural.** *Revista Matéria*, v. 24, n. 4, 1-16, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190004.0853>.

SOUZA, Paulo; SILVA, C.; BALTHAZAR, Wagner. O arrasto magnético e as correntes de Foucault: um experimento de baixo custo com vídeo-análise. *Revista Brasileira de Ensino da Física, RIO DE JANEIRO*, v. 1, n. 2, p. 1-6, out./2018.

TEIKARI, Petteri; NAJJAR, Raymond; MALKKI, Hemi; KNOBLAUCH, Kenneth.; DUMORTIER, Dominique; GRONFIER, Claude; COOPER, Howard. An inexpensive Arduino-based LED stimulator system for vision research. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 211, 227-236, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2012.09.012>.

ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED COMO GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA CIUDAD DE JULIACA

Data de submissão: 07/05/2024

Data de aceite: 03/06/2024

Juan churata Huaraya

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0001-6908-5741>

Huber Rony Hurtado Arhuata

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0417-1045>

Junior Torres Yucra

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0001-9789-9013>

Vilma Sarmiento Mamani

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0002-5520-716X>

Miguel Washington Soncco Vilcapaza

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0003-2385-1820>

Nacional de Juliaca, se registró una irradiancia promedio mensual de 820 W/m². Se determinan las viabilidades técnicas para la implementación de estos sistemas, considerando la infraestructura existente y la calidad de la energía inyectada a la red. Además, se destaca la necesidad de realizar estudios de carga en cada subestación de baja tensión y seleccionar los equipos más eficientes. El análisis sugiere que la implementación masiva de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en Juliaca impactará diversos indicadores, requiriendo una evaluación individual en cada subestación y una atención especial en la calidad de la energía inyectada.

PALABRAS CLAVE: Calidad de energía; generación distribuida; sistemas fotovoltaicos.

INTRODUCCION

El desarrollo de la generación distribuida en el Perú ha sido notablemente lento, careciendo de una regulación adecuada para su implementación. Este concepto se centra en el uso de fuentes de energía renovable no tradicionales y de menor capacidad. En

RESUMEN: En este estudio se evalúa el comportamiento de los parámetros clave en sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión en Juliaca, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de energía. Utilizando datos de la Universidad

caso de integrarla al sistema interconectado, será necesario un análisis exhaustivo de los parámetros inherentes a los sistemas fotovoltaicos conectados a la red. El propósito de esta investigación es examinar cómo estos parámetros se comportan en los sistemas fotovoltaicos como generación distribuida, en respuesta a la creciente demanda de energía eléctrica y la introducción de energía solar en las redes de distribución de baja tensión, así como los posibles conflictos que puedan surgir. Se destaca la importancia de la calidad de la energía suministrada, en donde Echeverría, Rodríguez, Julio, Julio, & Rodríguez (2017), que empleando diversas técnicas estadísticas dentro del entorno de Matlab y aprovechando las lecturas del ION 7650, se evidencia un enfoque más efectivo. La generación distribuida conectada al sistema eléctrico se revela como una opción favorable tanto en términos económicos y en el aspecto ambiental (Díaz Santos et al., 2012). El sistema energético de Cuba se fundamenta principalmente en el petróleo, lo que motiva discretos pero significativos avances en la adopción de estas tecnologías. En los países europeos, se ha estudiado el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red mediante parámetros como el índice medio estadístico de relación, observando mejoras desde 0,60 hasta 0,85. (Drews, 2007). Este incremento se atribuye, entre otras razones, a los fabricantes, quienes demandan menos tiempo para el mantenimiento, la operación y el análisis de datos, elementos clave para la mejora continua y para obtener una comprensión precisa de la calidad del servicio eléctrico; Dávila, (2012) Se presenta un modelo en el cual se da prioridad a la opinión de los propios usuarios, con una muestra de 3803 usuarios. Finalmente, se concluye que la calidad de la salida no se diferencia de la calidad funcional en el campo. Además, se han mostrado otras opciones de simulación a través de programas como PSIM y PROTEUS, validando así los sistemas de control. (Cordova, 2016). Y además cumple con las exigencias.

MATERIALES Y METODOS

Los métodos generales para supervisar los SFCR (sistemas fotovoltaicos conectados a la red) se encuentran detallados en la norma UNE-EN 61724 (1998), la cual especifica los parámetros recomendables para su medición en tiempo real, que son los siguientes:

Parámetros	Símbolo	Unidad
Irradiancia en el plano	G_I	W/m^2
Temperatura ambiente	T_{amb}	$^{\circ}C$
Temperatura del modulo	T_{mod}	$^{\circ}C$
Velocidad del viento	S_W	m/s
Voltaje de salida del arreglo FV	V_{DC}	V
Corriente de salida del arreglo FV	I_{DC}	A
Potencia de salida del arreglo FV	P_{DC}	kW
Voltaje de la red	V_{AC}	V
Corriente de la red	I_{AC}	A
Potencia de la red	P_{AC}	kW
Duración de interrupción del sistema	t_{int}	s

Tabla N° 01: Parámetros a medir en tiempo real UNE-EN 61724.

ÍNDICES DE ESTABILIDAD

Uno de los métodos que posibilitan el cálculo de los índices de estabilidad del voltaje, con el propósito de evaluar la capacidad máxima y mínima de generación en centros no convencionales (Gomez Ramirez, 2014). La investigación se basa en el examen de los índices de estabilidad relacionados con la variación del voltaje en sistemas del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), utilizando como referencia ejemplos de sistemas de 14 y 118 barras de la IEEE.

a. Método I

El índice de estabilidad en línea FSVI (índice de estabilidad de voltaje rápido) evalúa el flujo de potencia a lo largo de una única línea, y su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$FSVI_{ij} = \frac{4 * Z^2 * Q_j}{V_i^2 * X} \quad (1)$$

Donde:

X : Reactancia de la línea. [Ω]

Z : Impedancia de la línea. [Ω]

Q_j : Potencia reactiva en el extremo receptor. [var]

V_i : Tensión reactiva en el extremo receptor. [V]

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$FSVI = \begin{cases} \leq ; \text{estabilidad} \\ \geq 1 ; \text{inestabilidad} \end{cases} \quad (2)$$

b. Método II

El Factor de Estabilidad en Línea (LQP - Line Stability Factor) se distingue por su sensibilidad a las variaciones en la potencia reactiva. Al tomar en cuenta la potencia activa, se logra una evaluación más precisa del sistema a través del cálculo de este índice de estabilidad.:

$$LQP = 4 * \left(\frac{X}{V^2}\right) * \left(\frac{X}{V^2} * P_i^2 + Q_j\right) \quad (3)$$

Realizar un análisis de las horas de máximo sol, generalmente se ha observado una irradiación equivalente a 1000 w/m², con una temperatura de 25°C y velocidades de viento de 1.5. Se reconoce que sin la radiación solar, la vida en la Tierra sería inexistente, y su aprovechamiento energético solar se extiende a otras áreas de manera indirecta. (Orbegozo & Arivilca, 2010). La energía solar puede ser utilizada de manera directa de dos formas principales. En primer lugar, puede emplearse para generar calor, el cual puede ser aprovechado mediante el uso de sistemas de termas o colectores solares. En segundo lugar, puede ser utilizada para producir electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos (BUN-CA, 2002).

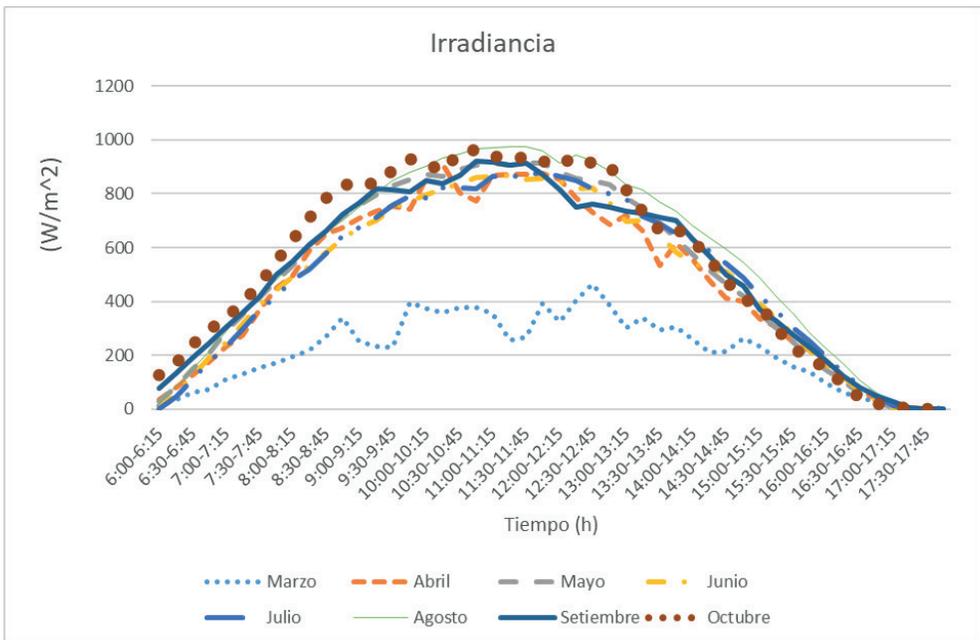
En el uso de paneles solares, uno de los aspectos más críticos es el control del inversor, cuya función principal es generar los pulsos de activación del inversor de potencia. Esto se hace para seguir las señales de referencia con la menor variación posible respecto a los valores estándar Villalobos et al., (2014); por lo que se aborda mas adelante.

INVERSORES FOTOVOLTAICOS DE CONEXIÓN A RED

Uno de los componentes esenciales de un sistema fotovoltaico son los inversores, y las partes fundamentales de estos incluyen: el control principal, la sección de potencia, el control de red, el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT), las protecciones y la monitorización de datos (Palomino Estebaranz, 2013). Otros aspectos comúnmente considerados en un inversor son: la tensión y potencia nominales, capacidad de sobrecarga, factor de potencia, eficiencia o rendimiento, autoconsumo, presencia de armónicos, distorsión armónica y rizado de corriente. En lo que respecta a la categorización de los inversores en sistemas fotovoltaicos conectados a la red (Fuente López, 2018); estos pueden categorizarse: según el número de fases; según el principio de operación; según el parámetro que modula; según la configuración del sistema y, por último, los micro-inversores. El proceso de inyección de energía implica la generación de una corriente eléctrica senoidal con la misma frecuencia y fase que la tensión de la red. (N.I. Echeverría, S.A. González, M.G. Judewicz, J.R. Fischer, M.A. Herrán, 2013). Esto se alcanza aplicando la tensión adecuada al inductor del filtro mediante las llaves de potencia en el VSI, las cuales son controladas por el controlador.

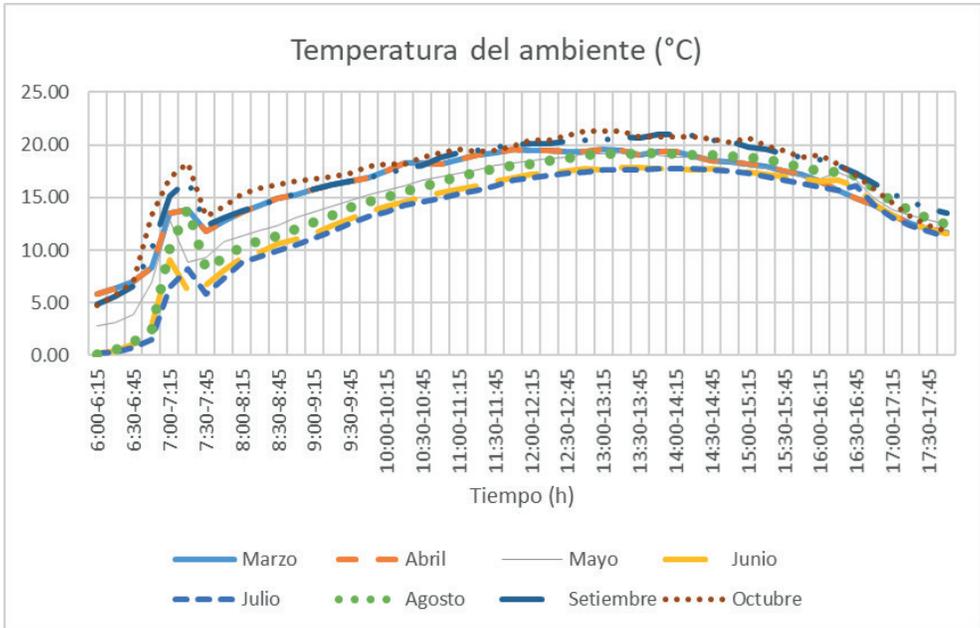
RESULTADOS Y DISCUSION

Una de estas opciones tecnológicas ha sido la generación de energía eléctrica en las proximidades de la carga, siguiendo un enfoque similar al utilizado en los primeros días de la industria eléctrica. Sin embargo, en la actualidad, contamos con tecnología avanzada y el respaldo del sistema eléctrico para cubrir cualquier demanda adicional de energía eléctrica. (Molina et al., 2007). Esta forma de generar electricidad se conoce como Generación Distribuida o Generación Descentralizada, marcando un cambio en el enfoque tradicional de la generación de energía eléctrica centralizada. Basándonos en los parámetros previamente mencionados en la sección de materiales y métodos, al analizar la irradiación en el plano, se puede observar que, en la ciudad de Juliaca y durante los meses en que se recopilaron los datos, la irradiación se muestra en el siguiente gráfico, obtenido de la Universidad Nacional de Juliaca.



Gráfica N° 01. Comportamiento de la Irradiación en Juliaca SFCR-UNAJ.

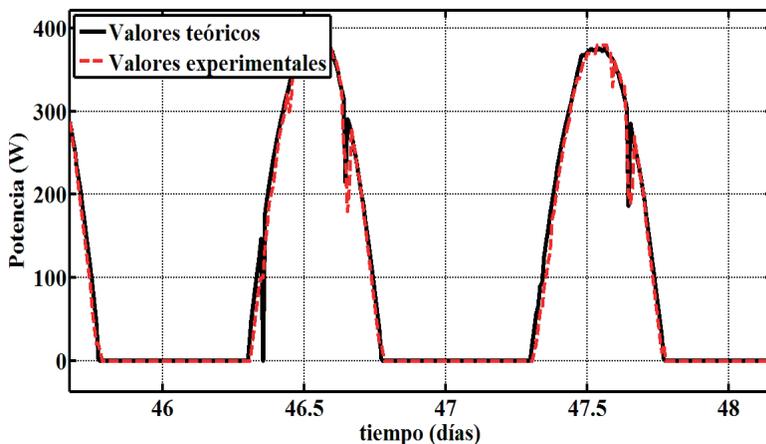
En la grafica anterior se muestra cómo varía la irradiación mensual media, con un pico máximo de 977 W/m^2 y un mínimo de 864 W/m^2 (Torres & Condori, 2019). A partir de las 6 de la tarde, la irradiación generalmente disminuye hasta alcanzar 0 W/m^2 .



Gráfica N° 02. Comportamiento de la temperatura del ambiente SFCR-UNAJ

En lo que respecta a la temperatura ambiente, se nota que típicamente fluctúa entre 0,16 °C y 21°C en promedio, variando a lo largo del tiempo. Los parámetros evaluados previamente estarán considerablemente influenciados por el flujo de viento presente en la zona donde se instale el sistema fotovoltaico conectado a la red (Torres & Condori, 2019). Esto indica que un flujo de viento puede modificar las temperaturas detectadas debido a la transferencia de calor por convección.

Otro factor relevante, aunque no mencionado previamente, se refiere a la gestión de la calidad del servicio en los sistemas eléctricos, especialmente en el caso de un sistema interconectado a la red. Los modelos de gestión empleados por las empresas de distribución de energía eléctrica a menudo tienen limitaciones para analizar y evaluar las necesidades y prioridades reales de sus activos. Esto dificulta determinar si los recursos invertidos en el programa de mantenimiento proporcionan el máximo beneficio al sistema eléctrico (Dominguez & Salvatierra, 2016). Las empresas de servicios públicos suelen utilizar métodos o reglas empíricas que resultan en la asignación de presupuestos fijos para un período específico. Esto ha conducido al uso ineficiente de los recursos disponibles, lo que se traduce en niveles más bajos de fiabilidad para los clientes. La cuestión, por lo tanto, es determinar dónde y cuándo invertir para obtener el máximo beneficio, así como cómo cuantificar los beneficios del mantenimiento (Mosquera & Sempértegui, 2015). Además de examinar los parámetros clave, es crucial dirigir la atención hacia el análisis de los índices de estabilidad de un sistema eléctrico.



Gráfica N° 03: - Comportamiento de la potencia generada por el SFCR para 2 días en verano y otoño (Cáceres et al., 2016).

Se analiza la producción de energía generada en el SFCR durante un lapso de tiempo. Además, se muestran los patrones durante el verano, cuando la temperatura ambiente oscila entre 22°C y 39°C, y en los días de otoño, donde la temperatura fluctúa entre 12°C y 29°C con pequeñas variaciones. Para monitorear y determinar el punto de máxima potencia para la transferencia de energía, se emplean varios algoritmos, incluyendo algunos de enfoque indirecto, como el algoritmo de “Voltaje de circuito abierto fraccional”, que implica medir la tensión de una sola celda en circuito abierto y, a partir de esta medición, estimar el voltaje V_{mpp} como una fracción fija de la tensión en circuito abierto (Goyena & Fallis, 2019). Otra técnica implica el uso de la conductancia incremental y el método de Perturbar - Observar, que consiste en introducir una perturbación en la carga y observar cómo cambian tanto la tensión como la potencia del panel, utilizando esta información para estimar el punto de máxima potencia en un SFCR.

CONCLUSION

Los parámetros que determinan eficientemente el funcionamiento de un sistema fotovoltaico conectado al sistema eléctrico son los siguientes: con una irradiancia promedio de 720 W/m², se alcanza un rendimiento máximo del 97%. En días nublados, la irradiancia puede disminuir hasta 300W/m², resultando en una eficiencia promedio del 88%. La temperatura del módulo también desempeña un papel crucial, con temperaturas mínimas de hasta -4,15°C en junio y máximas de 7,88°C en marzo, representando los extremos. La temperatura más alta se registra en agosto, alcanzando los 46,88°C, mientras que la más baja es de 19,09°C. Aunque una celda solar expuesta a la radiación solar se convierte en una fuente de energía, su comportamiento no es ideal en términos de tensión o corriente, ya que la cantidad de energía obtenida varía con la radiación solar, lo que afecta sus parámetros internos, como la tensión de circuito abierto (VOC) y la corriente de cortocircuito (ISC).

REFERENCIAS

- Cáceres, M., Busso, A., Vera, L., Firman, A., Leiva, G., & Luque, L. (2016). Sistemas fotovoltaicos conectados a red: estabilidad en los parámetros de la red y sus efectos en la capacidad de generación. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 4(1), 47–54. <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/94>
- Cordova, R. (2016). *Metodología Para El Control SPWM E De Un Inversor Monofásico De Baja Frecuencia* [Universidad Nacional del Callao]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2070>
- Dávila Bustamante, M. E., Coronado Quintana, J. A., & Cereces Castro, B. M. (2012). Las dimensiones de la calidad del servicio en el proceso de distribución y comercialización de energía eléctrica. *Contaduría y Administración*, 57(3), 175–195. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39523153008>
- Díaz Santos, R., Gerard, H., Castro Fernandez, M., & Herrera Acosta, B. (2012). Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, su diseño. *16 Convención Científica de Ingeniería Y Arquitectura, December*. <https://www.sunsupplyco.com/wp-content/uploads/2017/09/sistema-energia-Solar-interactivo-red-on-grid.png>
- Dominguez, D., & Salvatierra, B. (2016). Analisis De Calidad De Energia Electrica En Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red [Universidad Politécnica Salesiana]. In *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12710>
- Drews, A. et al. (2007). Monitoring and remote failure detection of grid- connected PV systems based on satellite observations. *Solar Energy*, 548–564. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.019>
- Echeverría, A., Rodríguez, M., Julio, L., Julio, L., & Rodríguez, M. (2017). Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución. *Ingeniería Energética*, XXXVIII(3), 156–165. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329152934001>
- Fuente López, I. de la. (2018). *Inversores en aplicaciones fotovoltaicas* [Universidad de Valladolid]. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/31889>
- Gomez Ramirez, N. E. (2014). *Metodología de gestión de potencia reactiva para mejorar el margen de estabilidad de voltaje en sistemas eléctricos de potencia descentralizados* [Universidad Nacional de Colombia Facultad]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/12748/>
- Goyena, R., & Fallis, A. G. (2019). *Simulación de un micro - inversor conectado a la red considerando la topología QUASI Z SOURCE* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Molina, M. G., Mercado, P. E., & Wiernes, P. E. (2007). Análisis y simulación de algoritmos de control para el seguimiento del punto de máxima potencia de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11, 153–160.
- Mosquera, G., & Sempértégui, R. (2015). *Optimización de proyectos de mantenimiento de redes de distribución eléctrica basado en el riesgo de la ocurrencia de fallas de sus equipos*. [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23303/1/Tesis.pdf>
- N.I. Echeverría, S.A. González, M.G. Judewicz, J.R. Fischer, M.A. Herrán, D. O. C. (2013). *Identificación paramétrica de un inversor trifásico conectado a red mediante paramétrica identificación conectado a red mediante el método QRD-RLS*. September.
- Palomino Estebaranz, A. (2013). *Análisis De Los Datos Técnicos De Los Inversores Fotovoltaicos De Conexión a Red*. <http://hdl.handle.net/10016/16894>

Torres, J., & Condori, J. (2019). *Análisis y evaluación del sistema fotovoltaico con inyección a la red de 3kW en el pabellón administrativo de la UNAJ* [Universidad Nacional de Juliaca]. <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/45>

Villalobos, M. A. M., Suárez, J. F. P., & Plata, G. O. (2014). Control directo de potencia aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Revista Facultad de Ingeniería*, 72, 47–60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43031750005>

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE DOS TECNOLOGÍAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA EN JULIACA

Data de submissão: 07/05/2024

Data de aceite: 03/06/2024

Junior Torres Yucra

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0001-9789-9013>

Juan churata Huaraya

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0001-6908-5741>

Huber Rony Hurtado Arhuata

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0417-1045>

Vilma Sarmiento Mamani

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0002-5520-716X>

Miguel Washington Soncco Vilcapaza

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca -Perú
<https://orcid.org/0000-0003-2385-1820>

RESUMEN: En cada región, las condiciones climáticas tienen un impacto significativo en el rendimiento de los módulos fotovoltaicos, subrayando la necesidad de datos específicos para cada área, como en el caso de Puno. Para entender mejor este efecto,

se realizó un estudio en el centro poblado de Ayabacas, con el objetivo de evaluar la eficiencia de dos tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa. Se utilizaron cuatro módulos fotovoltaicos, dos de tecnología policristalina y dos de tecnología monocristalina. Dos de estos módulos fueron expuestos a la acumulación de polvo durante 12 meses, mientras que los otros dos se mantuvieron limpios como referencia. Se evaluó la potencia de salida en ambas estaciones. Durante la estación seca, se observó que los módulos con polvo experimentaron una ligera reducción en la eficiencia en comparación con los limpios. Por ejemplo, en el caso de los módulos policristalinos, la eficiencia disminuyó de 3.11% a 3.07% con polvo, mientras que para los monocristalinos, la reducción fue de 3.28% a 3.23%. En la estación lluviosa, se mantuvo la tendencia de reducción en la eficiencia para los módulos con polvo, aunque en menor medida que en la estación seca. Por ejemplo, los módulos policristalinos experimentaron una disminución de 3.64% a 3.61% con polvo, y los monocristalinos de 3.83% a 3.77%. Además, se registraron las temperaturas máximas alcanzadas por los módulos durante ambas estaciones. En la estación

lluviosa, el módulo policristalino con polvo alcanzó una temperatura máxima de 48.58 °C, mientras que el monocristalino con polvo llegó a 46.3 °C. Durante la estación seca, estas temperaturas máximas fueron ligeramente más altas, con 48.62 °C para el policristalino sin polvo y 47.44 °C para el monocristalino sin polvo.

PALABRAS-CLAVE: Generación fotovoltaica, rendimiento y pérdidas.

COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF TWO PHOTOVOLTAIC PANELS TECHNOLOGIES IN DRY AND RAINY SEASONS IN JULIACA

ABSTRACT: In each region, weather conditions have a significant impact on the performance of photovoltaic modules, underscoring the need for specific data for each area, as in the case of Puno. To better understand this effect, a study was carried out in the town of Ayabacas, with the objective of evaluating the efficiency of two photovoltaic technologies during the dry and rainy season. Four photovoltaic modules were used, two with polycrystalline technology and two with monocrystalline technology. Two of these modules were exposed to dust accumulation for 12 months, while the other two were kept clean for reference. The power output was evaluated at both stations. During the dry season, it was observed that dusty modules experienced a slight reduction in efficiency compared to clean ones. For example, in the case of polycrystalline modules, the efficiency decreased from 3.11% to 3.07% with dust, while for monocrystalline modules, the reduction was from 3.28% to 3.23%. In the rainy season, the trend of reduction in efficiency for the dusty modules continued, although to a lesser extent than in the dry season. For example, polycrystalline modules experienced a decrease from 3.64% to 3.61% with dust, and monocrystalline modules from 3.83% to 3.77%. In addition, the maximum temperatures reached by the modules during both seasons were recorded. In the rainy season, the polycrystalline module with dust reached a maximum temperature of 48.58 °C, while the monocrystalline module with dust reached 46.3 °C. During the dry season, these maximum temperatures were slightly higher, with 48.62 °C for the dust-free polycrystalline and 47.44 °C for the dust-free monocrystalline.

KEYWORDS: Photovoltaic generation, performance and losses

INTRODUCCIÓN

El Sol ejerce una influencia dominante en las actividades terrestres, y su papel en la provisión de energía, tanto en el presente como en el futuro, es crucial (Bachiller, 2007). La tecnología solar fotovoltaica, que convierte la energía lumínica del Sol en electricidad a través de placas semiconductores activadas por la radiación solar, es una manifestación directa de este aprovechamiento (Habana, 2017).

En casi todo el territorio peruano, la energía solar se destaca como el recurso energético más ampliamente disponible. Esta disponibilidad es notablemente alta y constante a lo largo de todo el año, lo que la hace particularmente atractiva en comparación con otros países. La intensidad de la radiación solar aumenta con la latitud y la altitud sobre el nivel del mar. Las regiones con los mayores promedios anuales se encuentran en la costa sur, con valores de 6.0–6.5 kWh/m² en los departamentos de Tacna, Moquegua y

Arequipa, y en la sierra, con valores de 5.5–6 kWh/m² en departamentos como Ayacucho, Cuzco, Apurímac y Puno (MINEM, 2011). Por lo tanto, la radiación solar es un factor crucial a considerar en el diseño de sistemas fotovoltaicos, ya que varía según la ubicación geográfica debido a factores climáticos (Sepúlveda, 2014).

También se reconoce la importancia de garantizar el óptimo rendimiento de los paneles fotovoltaicos (Rojas & Lozano, 2016). Sin embargo, la acumulación de polvo en estos sistemas emerge como uno de los principales factores que afecta negativamente su eficiencia (Angulo et al., 2020). Además, se destaca que el aumento de la temperatura conlleva una disminución en el voltaje de los paneles fotovoltaicos, lo que repercute en su eficiencia general (Karafil et al., 2016). En este contexto, es esencial comprender el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos en relación con las condiciones geográficas y climáticas específicas del centro poblado de Ayabacas, en la región de Puno, especialmente durante la estación seca y la estación lluviosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se instaló un módulo experimental en el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética (IEREE) de la Universidad Nacional de Juliaca, en el Centro Poblado de Ayabacas, a una altitud de 3832 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La financiación provino de la doctora Vilma Sarmiento Mamani. Durante un periodo de 365 días, se monitoreó continuamente el módulo, tanto en la estación lluviosa (noviembre de 2021 a octubre de 2022) como en la estación seca (de mayo a octubre de 2022). El sistema incluyó 4 módulos fotovoltaicos: 2 monocristalinos y 2 policristalinos, todos de 100 Wp, montados con una orientación norte y un ángulo de inclinación de 15°. Cada módulo se conectó individualmente. Se realizó una comparación entre la limpieza de un módulo de cada tipo y la exposición prolongada al polvo de los otros dos durante 12 meses, evaluando luego su potencia de salida. Se registraron datos de corriente, tensión y temperatura durante todo el periodo de estudio para un análisis científico detallado.

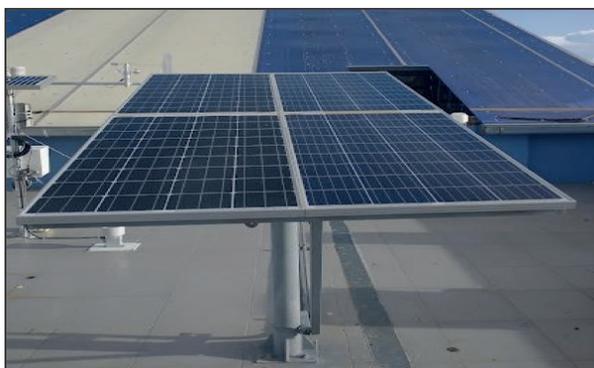


Figura 1: Módulos fotovoltaicos de ambas tecnologías instalados en el IREEE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la comparación se enfocan en la energía eléctrica continua (E_{dc} en kWh/día) generada por los módulos fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos, tanto en condiciones limpias como sucias.

Se aplicó la norma IEC 61724 para analizar los datos de productividad y eficiencia, siguiendo los procedimientos mencionados a continuación.

Inicialmente, el cálculo de la irradiación en el plano (H_i en Wh/m²) se realiza sumando la irradiancia incidente en el plano (G_k en W/m²) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$H_i = \sum_k G_k \times r_k$$

Para determinar la energía en la parte de corriente continua (E_A en Wh), se emplea la siguiente ecuación:

$$E_A = \sum_k P_{A,k} \times r_k$$

La ecuación utiliza el valor de potencia a la entrada en corriente continua (P_A , k en W), donde $P_{A,k}$ representa el k -ésimo valor registrado. Además, la normativa define el rendimiento energético del array fotovoltaico (Y_A en Wh-W⁻¹) como la producción de energía en corriente continua del sistema por cada kW nominal instalado:

$$Y_A = E_A / P_A$$

Donde P_0 es la potencia pico del sistema.

La eficiencia media del arreglo durante un intervalo de tiempo se calcula mediante la siguiente expresión:

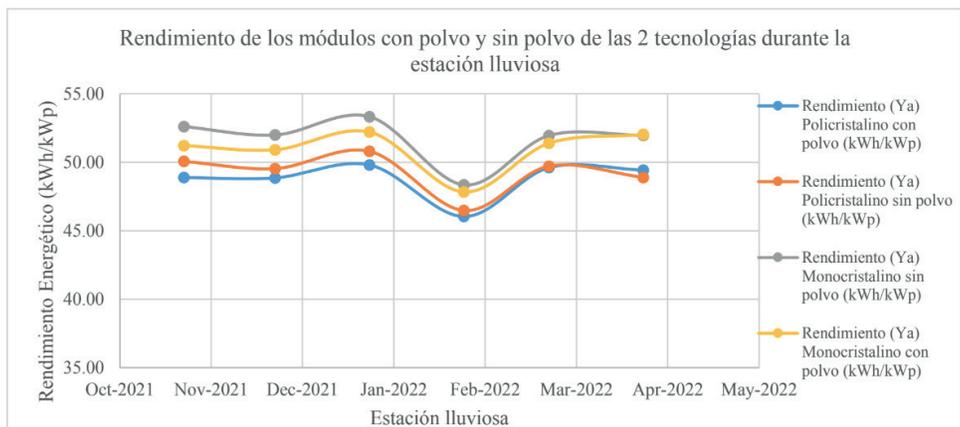
$$\eta_A = E_A / H_i \times A_a$$

La variable A_a representa el área total del arreglo, que se calcula sumando las áreas de las superficies frontales de los módulos fotovoltaicos definidas por sus bordes externos.

Los resultados obtenidos durante un año de monitoreo, desde noviembre de 2021 hasta octubre de 2022, se presentan a continuación:

Mes - Año	(Ya) Poli conpolvo (kWh/kWp)	(Ya) Poli sinpolvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono con polvo (kWh/kWp)
Nov-21	48.88	50.06	52.61	51.22
Dic-21	48.86	49.54	51.99	50.91
Ene-22	49.80	50.80	53.33	52.21
Feb-22	46.04	46.48	48.35	47.84
Mar-22	49.61	49.72	51.95	51.39
Abr-22	49.43	48.89	51.97	52.03
Estaciónlluviosa	292.63	295.49	310.20	305.59

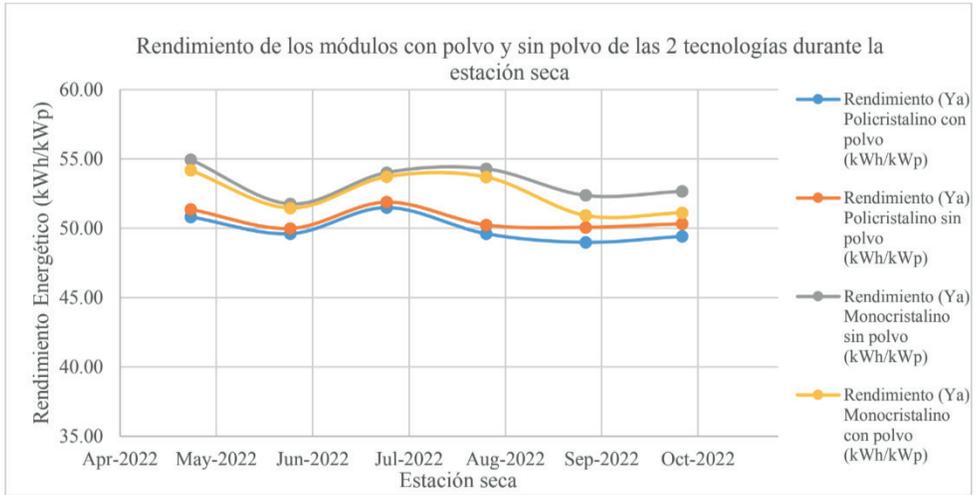
Tabla N° 01: Resultados de rendimiento de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).



Gráfica N°1: Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación lluviosa (2021-2022).

Mes - Año	(Ya) Policon polvo (kWh/kWp)	(Ya) Poli-sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono-sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono con polvo (kWh/kWp)
May-22	50.82	51.37	54.95	54.18
Jun-22	49.61	49.99	51.76	51.46
Jul-22	51.49	51.88	54.01	53.72
Ago-22	49.61	50.24	54.29	53.70
Set-22	48.99	50.07	52.37	50.93
Oct-22	49.42	50.33	52.66	51.12
Estación seca	299.93	303.88	320.04	315.11

Tabla N°2: Resultados de rendimiento de los sistemas – estación seca (2022).



Gráfica N°2: Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación seca (2022).

Resumen temperatura estación lluviosa (°C)							
Tiempo	Poli-sin polvo	Mono-sin polvo	Mono-con polvo	Poli-con polvo	Amb.	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	10.90	10.84	10.20	9.87	5.85	-1.02	-0.64
07:30-08:30	22.91	22.55	21.57	21.02	10.54	-1.89	-0.98
08:30-09:30	33.94	33.22	32.05	31.11	15.25	-2.83	-1.17
09:30-10:30	41.20	40.05	38.73	37.65	18.70	-3.55	-1.32
10:30-11:30	45.88	44.33	42.92	41.97	21.63	-3.91	-1.41
11:30-12:30	48.58	46.30	44.97	44.54	24.12	-4.05	-1.33
12:30-13:30	44.97	42.45	41.32	41.42	24.33	-3.55	-1.12
13:30-14:30	37.05	34.82	33.99	34.26	22.47	-2.79	-0.84
14:30-15:30	27.85	26.13	25.53	25.94	19.24	-1.91	-0.60
15:30-16:30	19.85	18.94	18.41	18.64	15.74	-1.22	-0.53
16:30-17:30	12.49	12.34	11.87	11.84	11.28	-0.66	-0.47
PROMEDIO	31.42	30.18	29.23	28.93	17.20	-2.49	-0.95

Tabla N° 03: Resultados de temperatura para la estación lluviosa

Resumen temperatura estación seca (°C)							
Tiempo	Polisin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Policon polvo	Amb.	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	6.28	6.86	5.99	5.77	1.46	-0.51	-0.87
07:30-08:30	23.46	23.55	22.22	21.63	8.91	-1.83	-1.32
08:30-09:30	36.71	36.46	34.89	33.81	14.36	-2.90	-1.57
09:30-10:30	45.06	44.19	42.68	41.44	18.91	-3.62	-1.51
10:30-11:30	48.62	47.44	46.13	45.06	21.67	-3.56	-1.31
11:30-12:30	48.41	46.73	45.61	45.05	23.22	-3.36	-1.12
12:30-13:30	45.65	43.49	42.47	42.46	24.17	-3.19	-1.02
13:30-14:30	39.89	37.80	36.96	37.16	23.99	-2.73	-0.84
14:30-15:30	30.24	28.89	28.08	28.30	21.05	-1.93	-0.81
15:30-16:30	19.83	19.40	18.65	18.74	16.73	-1.10	-0.75
16:30-17:30	10.98	11.44	10.79	10.66	11.03	-0.32	-0.64
PROMEDIO	32.28	31.48	30.41	30.01	16.86	-2.28	-1.07

Tabla N° 04: Resultados de temperatura para la estación seca

CONCLUSIONES

Durante la estación lluviosa, se observó que la eficiencia del módulo policristalino con polvo disminuyó en un 0.031% diario en comparación con el módulo sin polvo, resultando en una reducción total del 0.97% a lo largo de la estación, con una eficiencia final de 3.61%. Para el módulo monocristalino con polvo, la eficiencia disminuyó a una tasa de 0.048% por día, alcanzando una eficiencia final del 3.77%, lo que representa una reducción total del 0.06% durante la estación lluviosa. En cuanto a la productividad mensual, se observó un descenso de hasta el 2.36% para el módulo policristalino con polvo y del 2.64% para el módulo monocristalino con polvo, en comparación con sus respectivos módulos sin polvo, durante el mes de noviembre. En el inicio de la estación seca, la eficiencia del módulo policristalino con polvo disminuyó a una tasa diaria de 0.042%, resultando en una reducción total del 1.3% a lo largo de la estación, con una eficiencia final de 3.07%. Para el módulo monocristalino con polvo, la eficiencia disminuyó a una tasa de 0.05% por día, alcanzando una eficiencia final del 3.23%, lo que representa una reducción total del 1.54% durante la estación seca. La productividad mensual descendió hasta un 2.16% para el módulo policristalino con polvo en septiembre, y hasta un 2.93% para el módulo monocristalino con polvo en octubre. Esta reducción se atribuye a la disminución de la precipitación pluvial, que con el tiempo acumula polvo en los módulos fotovoltaicos y afecta su rendimiento. Durante ambas estaciones, las temperaturas máximas registradas para los módulos policristalinos y monocristalinos sin polvo fueron de 48.58 °C y 46.3 °C respectivamente durante la estación lluviosa, y de 48.62 °C y 47.44 °C respectivamente

durante la estación seca. La temperatura ambiente promedio fue de 16.86 °C y 17.2 °C durante la estación seca y lluviosa respectivamente, con máximos de 24.17 °C y 24.33 °C, y mínimos de 1.46 °C y 5.85 °C respectivamente. Se observó que los módulos fotovoltaicos monocristalinos presentaron una variación de temperatura menor en comparación con los módulos policristalinos, con diferencias de 2.05 °C durante la estación seca y 2.64 °C durante la estación lluviosa. En conclusión, el centro poblado de Ayabacas se considera un lugar óptimo para la instalación de sistemas fotovoltaicos debido a su baja acumulación de polvo en los módulos, su temperatura moderada que no supera los 50°C, y la temperatura ambiente favorable de alrededor de 24 °C durante ambas estaciones.

REFERENCIAS

- Adinoyi, M. J. y Said, S. A. M. (2013). Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules. *Renewable Energy*, 60, 633–636. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.014>
- Alfaro, E., Espinoza, R., & Huaccachi, W. (2019). Influencia del polvo sobre el rendimiento eléctrico de modulos fotovoltaicos de película delgada, mediciones hechas en el labsofcer. 2–7.
- Andrea, Y., Pogrebnaya, T. y Kichonge, B. (2019). Effect of Industrial Dust Deposition on Photovoltaic Module Performance: Experimental Measurements in the Tropical Region.
- Angulo, J., Calsi, B., Alfaro, E., Conde, L., Muñoz, E., Grieseler, R., Guerra, J., Palomino, J., Espinoza, R. y Casas, J. (2020). Potencia nominal en un string fotovoltaico. Study of the dust effect and the nominal power estimation in a photovoltaic string. 3, 27–33.
- Bachiller, R. (2007). El Sol nuestra estrella, 371–382.
- Blanco, I. (2011). Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial.
- Chaichan, T., Kazem, A., Al-waeli, A. y Sopian, K. (2020). The effect of dust components and contaminants on the performance of photovoltaic for the four regions in Iraq : a practical study. 3.
- Cieza, J. (2017). Dimensionamiento De Un Sistema Fotovoltaico Para Las Instalaciones Eléctricas De Alumbrado En El Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1919/BC-TES- MP-765.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, R., Castro, M., Santos, A. y Vilaragut, M. (2018). Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica, 39, 146–156. Habana, L. (2017). . The hour equivalent solar pick, definition and interpretation,XXXVIII, 124–131.
- Hussain, A., Batra, A. y Pachauri, R. (2017). An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module. *Renewables: Wind, Water, and Solar*. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40807-017-0043-y>
- Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M. y Parmaksiz, H. (2016). Calculation of Optimum Fixed Tilt Angle of PV Panels Depending on Solar Angles and Comparison of the Results with Experimental Study Conducted in Summer in Bilecik, Turkey, 971–976.

- Karmouch, R. y Hor, H. (2017). Solar Cells Performance Reduction under the Effect of Dust in Jazan Region Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 7(2), 8–11. Recuperado de <https://doi.org/10.4172/2090-4541.1000228>
- MINEM. (2001). Ministerio de energía y minas. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/>
- MINEM. (2011). Ministerio De Energía Y MinaS. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/>
- MINEM. (2011). Potencial de las Energías Renovables en el Perú.
- Nuevo, Pablo. 2016. Análisis de Factores Que Influyen En La Suciedad de Paneles Fotovoltaicos y Su Efecto Sobre La Producción de Energía Eléctrica. 115.
- Navarrete, K. T. del P. (2019). Análisis técnico -económico de un sistema fotovoltaico con influencia de suciedad, viento y lluvia en Arequipa- Perú- Ingeniera Industrial.
- OSINERGMIN. 2017. La Industria de La Energía Renovable En El Perú, 10 Años de Contribuciones a La Mitigación Del Cambio Climático. Vol. 1.
- Quispe, Augusto Wemer. 2017. Estudio Técnico Y Económico Para La Instalación De Una Planta Fotovoltaica Para La Provisión De Energía Al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional En La Región Puno. 1–17.
- Rao, A., Pillai, R., Mani, M. y Ramamurthy, P. (2014). Influence of dust deposition on photovoltaic panel performance. Energy Procedia, 54, 690–700. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.310>
- Rojas, M. y Lozano, M. (2016). Determinación del ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico en el Valle Del Mantaro.
- Saidan, M., Ghani, A., Alasis, E. y Kaldellis, J. K. (2016). Experimental study on the effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment. Renewable Energy, 92, 499–505. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.031>
- Santa, S (2014). Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca Mis Delirio en Pereira – Colombia. Recuperado de <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/13683/TFM-Sergio%20Santa%20Garcia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENAMHI. (2018). Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Peru. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/>
- Sepúlveda, S. (2014). Radiación Solar : Factor Clave Para El Diseño De Sistemas Fotovoltaicos Solar Radiation : Key Factor For Design Of Radiación Solar : Factor Clave Para El Diseño, 60–65.
- SIEMENS. (2004). Hoja de Datos Técnicos Hoja de Datos Técnicos. 28046. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1411966O/3m-structural-adhesive-08122-spanish-tds.pdf>
- SIEMENS. (2014). Hoja de datos. 3964, 4–7. SOLAR, O. (2022a). Onda Solar ODA100-18-M. SOLAR, O. (2022b). Onda Solar ODA100-18-P.
- Sulaiman, A., Hussain, H., Siti, N., Leh, H. y Razali, M. (2021). Effects of Dust on the Performance of PV Panels. 5(10), 2021–2026.

APLICAÇÃO DE CÉLULA DE CARGA CALIBRADA COM ARDUINO UNO EM ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE VIGAS DE CONCRETO

Data de submissão: 08/05/2024

Data de aceite: 03/06/2024

Gabriel Conte

Instituto Federal Sul-rio-grandense
Passo Fundo, RS
<http://lattes.cnpq.br/0342501334658415>
<https://orcid.org/0000-0002-0483-0357>

Lorenzo de Giacometti Peruzzolo

Instituto Federal Sul-rio-grandense
Passo Fundo, RS
<http://lattes.cnpq.br/8909009521547016>

Gustavo da Costa Borowski

Instituto Federal Sul-rio-grandense
Passo Fundo, RS
<http://lattes.cnpq.br/1196186120309575>
<https://orcid.org/0009-0002-2078-0756>

Sabrina Elicker Hagemann

Instituto Federal Sul-rio-grandense
Passo Fundo, RS
<http://lattes.cnpq.br/1765602546954082>

RESUMO: Neste estudo, explora-se a aplicação de uma célula de carga calibrada com Arduino Uno para a realização de ensaios de resistência em vigas de concreto, visando aprimorar a precisão e eficiência das análises estruturais. A montagem do cabeamento estruturado da ferramenta de ensaio foi realizada com um circuito de

losango, ponte de Wheatstone, permitindo a medição da resistência elétrica alternada. O Arduino Uno é então utilizado para registrar as leituras de tensão e converter esses dados em valores de carga, permitindo a monitorização em tempo real. No entanto, esse equipamento possui apenas oito bits. Logo, para converter esse valor para 24 e reduzir o erro relativo percentual (ERP), utiliza-se um módulo conversor amplificador HX711, aliado à um display e botões para leitura analógica das informações digitais. A validação experimental foi realizada com ensaio de ruptura da viga à força cortante, com pesagem e valor máximo de carga sobre a prensa manual. Essa abordagem oferece precisão na medição e permite uma coleta de dados em tempo real, demonstrando-se como uma profícua ferramenta para engenheiros civis, pesquisadores e empreiteiros que desejem avaliar a integridade estrutural das vigas de concreto. Em trabalhos de pesquisa subsequentes, a análise de custos e a comparação entre o processo de calibração convencional e a abordagem proposta podem ser realizados.

PALAVRAS-CHAVE: Ponte de Wheatstone, Célula de Carga, Arduino Uno.

APPLICATION OF LOAD CELL CALIBRATED WITH ARDUINO UNO IN STRENGTH TESTING OF CONCRETE BEAMS

ABSTRACT: In this research, the application of a load cell calibrated with Arduino Uno to carry out resistance tests on concrete beams is explored, aiming to improve the precision and efficiency of structural analyses. The structured cabling assembly of the test tool was carried out with a diamond circuit, Wheatstone bridge, allowing the measurement of alternating electrical resistance. The Arduino Uno is then used to record voltage readings and convert this data into load values, allowing real-time monitoring. However, this equipment only has eight bits. Therefore, to convert this value to 24 and reduce the relative percentage error (ERP), an HX711 amplifier converter module is used, combined with a display and buttons for analog reading of digital information. Experimental validation was carried out with a shear force beam rupture test, with weighing and maximum load value on the manual press. This approach offers measurement precision and allows real-time data collection, proving to be a useful tool for civil engineers, researchers and contractors who wish to evaluate the structural integrity of concrete beams. In subsequent research work, cost analysis and comparison between the conventional calibration process and the proposed approach can be carried out.

KEYWORDS: Wheatstone Bridge, Load Cell, Arduino Uno.

INTRODUÇÃO

Células de carga rodoviárias são calibradas periodicamente para pesagens industriais ou laboratoriais. A aplicabilidade desses medidores varia conforme o ambiente e o usuário. Na engenharia civil, elas podem ser modeladas para pesagem de corpos de prova, estruturas em escala reduzida, entre outros. E utilizadas em prensas, hidráulicas ou manuais, e locais que necessitem uma maior precisão nas medições. Esses equipamentos podem ser calibrados com ferramentas variadas, contanto que sigam os parâmetros da portaria de nº 157 (Brasil, 2022) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O uso da prototipagem eletrônica, ou seja, da versão prévia do quadro elétrico com Arduino Uno para modelar equipamentos técnicos é amplamente divulgado na automação residencial, contudo, na área industrial da construção, possui referência bibliográfica escassa. Nos últimos cinco anos, trabalhos como o de Oliveira *et al.* (2020), demonstraram que essa ferramenta “constitui uma alternativa importante para viabilizar o uso de experimentos de ensino e aprendizagem no ambiente educacional, como também de forma a facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de sistemas interativos (...) a um custo acessível”.

Outrossim, outros setores, como os industriais, mostram a relevância técnica da acessibilidade dessa calibração, visto que, alguns ramos de produção seriam inviáveis sem alternativas como a prototipagem eletrônica. No entanto, alguns autores questionam a confiabilidade da utilização dessas ferramentas. Morais, Shaeffer e Marcelino (2023), a partir da indústria manufatureira do processo de estampagem, afirmaram que:

"A utilização da célula de carga ou transdutor de deslocamento para medir a força de atrito do processo é confiável, porém os sensores têm um limite de posicionamento em relação a sua instalação nos equipamentos, quanto mais atuadores forem usados e integrados ao processo será possível uma rápida resposta e correção do processo conforme a detecção da falha." (Morais, Shaeffer e Marcelino, 2023)

Portanto, para medir a resistência elétrica alternada de uma célula de carga, de forma precisa, sob pressão de compressão em ensaios de resistência de vigas de concreto, foi proposta a montagem e calibração de uma célula de carga rodoviária convencional, do tipo coluna, com Arduino Uno.

Este trabalho objetiva analisar a aplicação de células de carga calibradas com Arduino Uno para realizar ensaios de resistência em vigas de concreto, com foco na melhoria da precisão e eficiência das análises estruturais com um projeto mais acessível economicamente. Mutuamente, espera-se apresentar a montagem do cabeamento estruturado da ferramenta de ensaio, incluindo o uso de uma ponte de Wheatstone para medição da resistência elétrica alternada, e a transformação de leituras de tensão em valores de carga em tempo real.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Pegorini (2021), nos circuitos de losango, também conhecidos como Pontes de Wheatstone, a tensão de excitação, ou seja, a energia contínua de uma fonte externa é fornecida para o sistema e a tensão de saída gera uma medida em relação aos dois terminais de cobre centrais. No ensaio com a célula de carga, essa extremidade é dotada de extensômetros uniaxiais, visto que, não há exigência técnica para medições em outras dimensões na análise de ruptura de uma viga por força cortante. Esses medidores elétricos utilizados também são conhecidos como strain-gauges e podem ser medidores de deformação ou de fadiga de materiais.

Em uma análise dos circuitos de medição, a empresa *Omega Engineering* (2015), demonstrou que, divergindo do circuito de Ohm e da ponte de Chevron, o arranjo entre os canais de resistência da Ponte de Wheatstone deve manter o equilíbrio entre os seus resistores conectados pelos extensômetros. A Figura 1 apresenta a configuração elétrica desse esquema operacional considerando a estabilidade entre os resistores. Nessa situação aplica-se a 2ª lei de Kirchhoff, ou seja, considera-se que a soma dos potenciais elétricos em cada malha do circuito e a corrente que passa pelo Galvanômetro (G) seja sempre nula e, portanto, os produtos das resistências cruzadas gerem uma igualdade. Dessa forma, se houvessem falhas nas conexões strain-gauges, o multímetro indicaria, facilitando a montagem da célula de carga e da prototipagem eletrônica inteira.

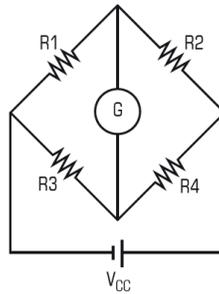


Figura 1. Ponte de Wheatstone.

Fonte: Hangar MMA, 2015

No século XX, Martins E Tamagna (1993) prescreveram que “o tipo de célula de carga adequado para a determinação de forças dinâmicas” poderia ser determinado a partir de dados experimentais. Portanto, as empresas fornecedoras de ferramentas industriais criaram fichas técnicas com a funcionalidade específica de cada um destes materiais.

Com o intuito de verificar a célula de carga ideal para ensaios de força cortante que comprovem o valor de deformação, ou seja, a resistência de uma viga de concreto, armado ou não, urge a necessidade da classificação e detalhamento do funcionamento dos principais modelos comerciais desse medidor. No entanto, ressalta-se que, apesar da variedade de deformadores por compressão, todos são formados ou projetados com base em sensores e tensões usuais.

O modelo de ponto único, *Single Point*, de célula de carga é o mais utilizado em balanças residenciais, comerciais e industriais para pesagens de até 500 kg. No entanto, em um ensaio de ruptura, as medições da carga de deformação da viga iniciam em uma tonelada. Portanto, esse equipamento não atende os pré-requisitos de ensaio: suporte de pesagem de quarenta toneladas e com grau de proteção IP superior à 54. Logo, analisaram-se as células de carga rodoviárias. Elas foram aprovadas com êxito, visto que, a classe *Dual Shear Beam* em aço carbono e com sapata articulada ou sem essa base, assim como a classe Coluna (C), atendiam ao projeto de ensaio.



Figura 2. Célula de Carga Rodoviária tipo Coluna.

Fonte: Weightech, 2017.

Segundo Tomazi e Spohn (2020), a plataforma de prototipagem eletrônica ou de hardware de projeto aberto, Arduino Uno, “possui 14 pinos de entrada e saída digitais e 6 pinos de entrada analógica, uma conexão USB, que permite a comunicação entre o computador e a placa, possibilitando a gravação do software na memória do microcontrolador”. No ensaio, esse espaço interno foi programado e calibrado para a leitura da resistência elétrica alternada proveniente da deformação dos extensômetros uniaxiais da célula de carga.

Em consonância com a evolução das capacidades do Arduino Uno, conforme supracitado, o potencial de aplicação desta plataforma teve notório acréscimo na última década. Essa expansão é reflexo da versatilidade e acessibilidade do Arduino, tornando-o uma ferramenta indispensável em projetos que variam desde a leitura da resistência elétrica alternada de extensômetros uniaxiais, como discutido por Tomazi e Spohn (2020), até o desenvolvimento de sistemas de automação, coleta de energia e uma ampla gama de outras funcionalidades, como destacado por Felisardo, Santos e Galrão (2023).

Em suma, devido aos custos reduzidos de dispositivos e sensores, e graças ao aumento do uso de tecnologias computacional, o desenvolvimento de sistema automatizados vem aumentando, tanto em termos da comunidade científica, quanto no aspecto industrial. Nesta perspectiva, as placas Arduino tem aplicações ilimitadas na prototipagem que podem ser realizadas por profissionais e amadores. A utilização desses microcontroladores é crucial para diferentes áreas, implantando para aquisição de dados e controle de comandos em dispositivos de segurança, em sistemas operacionais e na averiguação da segurança de um ambiente. (Felisardo, Santos e Galrão, 2023, p. 21)

METODOLOGIA

Esse trabalho se caracteriza como uma pesquisa experimental, com o desenvolvimento de um protótipo para leitura das cargas e a sua aplicação em um ensaio de viga de concreto. A pesquisa se divide em três etapas: construção do protótipo, programação e calibração e o ensaio da viga.

O protótipo foi desenvolvido com o emprego de uma plataforma Arduino Uno, tela LCD 2x16, dois botões, módulo conversor analógico para digital HX-711 e um case. A escolha pelo Arduino se deu pelo baixo custo, facilidade de montagem e de programação e a disponibilidade do equipamento. O módulo HX-711 foi escolhido por ter capacidade de conversão analógica digital de 24 bits, de fácil utilização e com capacidade de leitura suficiente para a amplitude de medição da célula de carga estudada.

A célula de carga utilizada tinha capacidade real e nominal de 40 e 30 toneladas, respectivamente. Ela era do tipo coluna (C) com instrumentação em uma ponte de Wheatstone completa, da marca Berman Load Cells. Esse medidor de variação elétrica é feito inteiramente de aço inoxidável, com cabo de 20 metros e 6 fios, conforme a figura 2. Essa decisão foi pautada pelo grau de proteção de entrada, Ingress Protection (IP), de

intemperismos no seu armazenamento ou em sua utilização. A classe Dual Shear Beam em aço carbono atendia aos pré-requisitos do projeto de ensaio, no entanto, seu IP era de 67 e o do tipo C era 68.

De forma síncrona, considerou-se a facilidade em sua montagem e compatibilidade com uma prensa manual de 30 toneladas disponível para ensaios no laboratório do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Passo Fundo. E verificou-se um Erro Relativo Percentual (ERP), o qual, depende da sensibilidade fornecida pelo fabricante, aceitável. Esse fator é oriundo da origem da ferramenta utilizada no ensaio, a célula de carga revendida pela empresa Weightech (2017) com sensibilidade de, aproximadamente, $2,0 \pm 0,002$ mV/V. A partir dessa medida, ponderou-se um erro total máximo de, aproximadamente, 0,02% da capacidade nominal de trinta toneladas. Contudo, após ajuste da resistência de saída modelou-se um ERP de 0,01%, gerando assim, um erro máximo de três kg após trinta toneladas

E Na prototipagem de hardware, essa ferramenta foi conectada em uma caixa plástica provisória que continha: Arduino Uno, módulo HX711, display, botões e fios conectores. Montado o protótipo, a fase seguinte foi a programação e a calibração do mesmo. A linguagem utilizada na codificação do instrumento foi C++, por meio da plataforma Arduino IDE e foram utilizadas as bibliotecas HX711.h, Wire.h e LiquidCrystal_I2C.h. Nesse contexto, foram desenvolvidas duas programações, uma para a calibração, com o objetivo de definir o fator de calibração entre a medida física e a leitura digital do sistema e outra para o emprego do protótipo no ensaio.

No entanto, o Arduino Uno possui algumas limitações operacionais. Dentre elas, destaca-se a capacidade de leitura de 8 bits, necessitando de um módulo conversor amplificador. No ensaio de resistência de vigas de concreto, para melhorar a precisão da sensibilidade da célula de carga, utilizou-se uma placa HX711, conforme a figura 3.

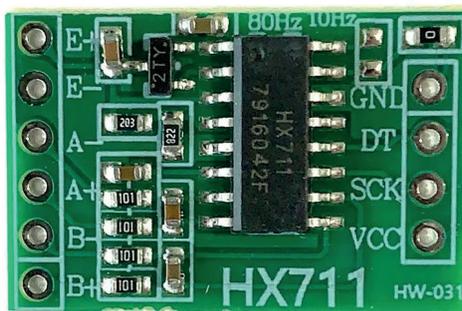


Figura 3. Módulo Conversor Amplificador HX711.

Fonte: Piscaled, 2023.

Portanto, as conexões entre a célula de carga e o Arduino Uno passam pelo módulo. A lateral direita dessa peça é conectada com o aparelho de prototipagem eletrônica e o lado esquerdo com a ferramenta de medição. As saídas GND e VCC são os diferenciais de potencial, indicando, respectivamente, a Voltagem de Corrente Contínua e o *Ground*, termo em inglês para a fiação terra ou, neste ensaio, para o polo negativo, conforme a figura 1.

Mutualmente, as leituras de dados em tempo real eram captadas pelos pinos A+ e A-, ou seja, o amplificador positivo e o negativo. Essas entradas são as conexões com sinais opostos que recebem o sinal de tensão da célula de carga quando ela é deformada pelo peso aplicado e geram uma diferença de tensão amplificada e transmitida pelas saídas na direita. Os dados são enviados em série, bit a bit, por meio do pino de data, DT, mas para isso necessita de pulsos de relógio em série, os quais, são fornecidos pelo pino SCK ou Serial Clock, termo em inglês para relógio serial, para saber quando deve ler ou escrever no display ou no monitor de calibração.

Outrossim, na fase de desenvolvimento deste protótipo, foi implementado um procedimento de tara e determinação do valor máximo, mediante a interação com os botões incorporados ao sistema. A tara, neste contexto, permite a compensação de quaisquer leituras residuais, garantindo que a célula de carga esteja em seu estado de equilíbrio antes das medições. Para estabelecer a tara, o operador pressiona o botão correspondente, instruindo o sistema a registrar o valor atual como referência zero. Da mesma forma, para registrar o valor máximo, os botões são acionados para reter o pico de carga durante o ensaio. Esses procedimentos contribuíram significativamente para a precisão das medições obtidas durante os ensaios de força cortante realizados nas vigas de concreto, permitindo um controle mais eficaz das variáveis do experimento, conforme projetado pelos autores.

Posteriormente, o processo de calibração supracitado foi realizado com o auxílio de uma prensa hidráulica de 100 toneladas com célula de carga própria e acoplada ao sistema, devidamente calibrada, e que serviu de referência para o ajuste da célula de carga estudada. A técnica empregada foi a **aplicação de** carregamento até valores pré-definidos e na sequência encontrar o fator de calibração que fizesse o protótipo corresponder a mesma carga.

Esse valor foi obtido com o emprego de três carregamentos distintos, de 50 kN, 100 kN e 150 kN, a fim de identificar a linearidade da célula e encontrar um fator de correção médio. Os coeficientes de calibração obtidos são apresentados na Tabela 1, junto com o erro em relação à média e a demonstração quantitativa de uma variabilidade pequena, confirmada por um desvio padrão no valor de 143,2 e um coeficiente de variação dos fatores de 1,29%.

Carga	Fator de Correção	Erro
50 kN	10889	-1,40%
100 kN	11069	0,23%
150 kN	11172	1,17%
Média	11043,333...	-

Tabela 1. Coeficientes de calibração.

Fonte: Autores, 2023.

Após a calibração, a etapa final do trabalho foi a aplicação do conjunto protótipo e célula de carga em um ensaio de uma viga de concreto. A viga era curta, possuía comprimento de 70 centímetros, largura de 15 centímetros e altura de 30 centímetros, sendo ensaiada a flexão com uma carga centrada e um vão de 60 cm. Esse modelo foi dimensionado para ruptura a força cortante por tração e servirá de base para o desenvolvimento de um trabalho futuro com ensaios de vigas curtas reforçadas ao cisalhamento.

No ensaio de ruptura por tração do aço, esperava-se que o limite de escoamento desse material com diâmetro nominal de 16mm fosse superado e rompesse. Em projetos de concreto armado, para evitar esse comportamento, utiliza-se a Norma Brasileira (NBR) 6118/2023, na qual, define-se que a parcela de força cortante resistida pela armadura transversal (V_{sw}) deve ser maior ou igual à solicitante (V_{sd}) reduzida da parte resistida por mecanismos complementares ao modelo de treliça (V_c). As figuras 4 e 5, elaboradas pelos autores, mostram a aplicação da célula de carga com um suporte de tubulação PVC, para impedir movimentações não axiais ao eixo de compressão, sob a prensa manual, na qual, foram feitos os ensaios das três vigas curtas à tração da armadura por força cortante.



Figura 4. Célula de carga com suporte em PVC

Fonte: Autores, 2023.



Figura 5. Prensa com a célula de carga

Fonte: Autores, 2023.

A célula de carga, com a prototipagem eletrônica calibrada para medição da deformação de seus extensômetros, foi validada no ensaio de força cortante comparando com o resultado analógico apresentado pelo leitor de carga existente no topo da prensa. Na figura 6, elaborada pelos autores, ilustra-se essa relação por meio de um gráfico que apresenta a carga aplicada em função do deslocamento vertical no centro do vão. Esse gráfico foi essencial para verificar a eficácia e a confiabilidade da célula de carga em sua nova configuração eletrônica.

Além disso, o acompanhamento do padrão de fissuração da viga, indicou uma estrutura com ruptura por força cortante-flexão, ou seja, as fissuras de cisalhamento atingiram o banzo comprimido do concreto armado. As demais estruturas, obtiveram ruptura por tração conforme esperado.

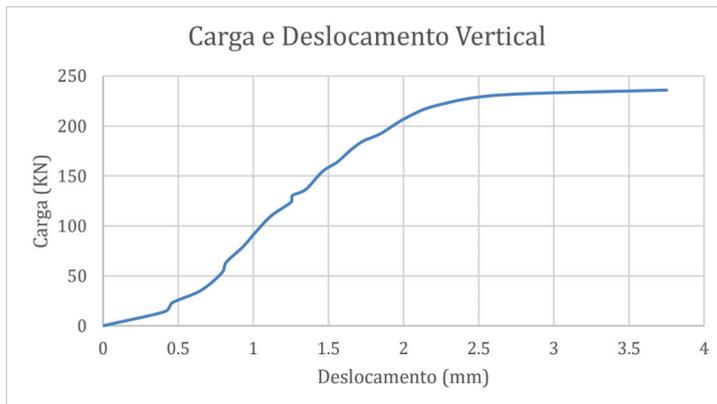


Figura 6. Gráfico carga e deslocamento vertical da viga

Fonte: Autores, 2023.

Os valores lidos na prensa pelo operador foram comparados com os utilizados na construção do gráfico. A análise qualitativa indicou que as leituras do protótipo eram compatíveis com o comportamento da viga, sendo que o padrão de deslocamento seguiu o esperado pelo padrão de ruptura e a carga máxima identificada pela célula foi próxima ao planejado, pois a viga tinha sido dimensionada para resistir à, no máximo, 250 kN.

Portanto, em suma, neste estudo, um protótipo foi desenvolvido, composto por um Arduino Uno, uma tela LCD 2x16, dois botões, um módulo conversor analógico para digital HX-711 e um case. A célula de carga empregada tinha uma capacidade de 40 toneladas, sendo do tipo coluna e equipada com uma ponte de Wheatstone completa da marca Berman Load Cells. O protótipo foi programado em C++ utilizando a plataforma Arduino IDE e calibrado para estabelecer o fator de conversão entre a medida física e a leitura digital. Após a calibração, o sistema foi aplicado com sucesso em um ensaio de força cortante de uma viga curta de concreto, com dimensões específicas para o teste, servindo como base para futuros trabalhos relacionados a ensaios de vigas curtas reforçadas ao cisalhamento.

RESULTADOS

O processo de calibração do protótipo desenvolvido neste estudo adotou etapas rigorosas para garantir a precisão das medições obtidas. Primeiramente, a célula de carga de 40 toneladas, do tipo coluna e equipada com a ponte de Wheatstone da marca Berman Load Cells, foi cuidadosamente montada e conectada ao módulo conversor analógico para digital HX-711. Em seguida, um procedimento de aferição foi conduzido utilizando pesos-padrão devidamente certificados com a prensa hidráulica. O protótipo, exposto na figura 7, elaborada pelos autores, foi programado em C++ utilizando a plataforma Arduino IDE para registrar as saídas da célula de carga em resposta a diferentes pesos aplicados com apresentação de carga e de valor máximo em quilo Newtons (kN) e, sob alteração manual dos botões, em toneladas (t).



Figura 7. Prototipagem de hardware com Arduino Uno

Fonte: Autores, 2023.

Os dados resultantes foram utilizados para estabelecer um fator de conversão com precisão de pesagem de 0,01% e de programação de, aproximadamente, 1% entre a medida física e a leitura digital, assegurando que as medições subsequentes refletissem com exatidão as forças aplicadas nas vigas de concreto durante os ensaios.

Após a conclusão da calibração, o sistema demonstrou sua robustez e eficácia em um ensaio de força cortante realizado em uma viga curta de concreto especialmente dimensionada para o teste. As medições obtidas durante o ensaio foram comparadas com os valores esperados, validando assim a precisão do protótipo. A Figura 8, elaborada pelos autores, apresenta de forma visual a ruptura, na prensa manual, por tração da armadura da viga sob a influência da força cortante, comprovando a capacidade do sistema com a célula de carga em registrar esses eventos com precisão.



Figura 8. Ruptura da viga na prensa manual

Fonte: Autores, 2023.

Este processo meticuloso de prototipagem eletrônica não apenas assegurou a confiabilidade das medições, mas também estabeleceu uma base sólida para futuras pesquisas relacionadas a ensaios de vigas curtas reforçadas ao cisalhamento. Os resultados da calibração destacam a importância da precisão e da confiabilidade do protótipo desenvolvido, abrindo caminho para investigações mais aprofundadas e aplicações práticas em engenharia estrutural e ciências afins.

CONCLUSÕES

A validação experimental realizada, com o ensaio de ruptura da viga à força cortante, demonstrou eficácia e precisão em tempo real das medições apontadas no display com alterações em toneladas e em quilo newtons (kN), conforme programação. Os resultados obtidos permitiram a coleta de dados da avaliação da ruptura e da integridade estrutural das vigas de concreto em escala reduzida.

Para futuros trabalhos de pesquisa, sugere-se a realização de análises de custos para avaliar a viabilidade econômica dessa abordagem de calibração e ensaio em comparação com os métodos convencionais industriais. Além disso, a expansão deste estudo para outras ferramentas, como a célula de carga rodoviária do tipo *Dual Shear Beam*, ou para outras áreas de ensaios de resistência e estruturas podem revelar novas aplicações e oportunidades para aprimorar ainda mais a eficiência e precisão das análises estruturais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Portaria nº 157. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), 2022.

DE MORAIS, J. B. M.; SHAEFFER, L. .; MARCELINO, R. . **UTILIZAÇÃO DE IOT PARA AQUISIÇÃO DE DADOS E MONITORAMENTO NO PROCESSO DE ESTAMPAGEM INDUSTRIAL – UMA REVISÃO**. REVISTA FOCO, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e969, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n2-093. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/969>. Acesso em: 8 mai. 2023.

FELISARDO, R. J. A.; SANTOS, G. N. dos; Galvão, G. D. . **Uso do arduino como ferramenta de prototipagem para desenvolvimento de dispositivos automáticos: uma revisão**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, 8(1), 11–26. Disponível em: <https://periodicos.grupotiradentes.com/cadernoexatas/article/view/11325>. Acesso em: 08 set. 2023.

HANGAR MMA, **Ponte de Wheatstone**. 2021. Glossário. Disponível em: <https://hangarmma.com.br/glossary/glossary-categories/ponte-de-wheatstone/>. Acesso em: 5 de ago. de 2023.

OLIVEIRA, A. C. de M. *et al.* **Protótipo de monitoramento de nível para reservatório com célula de carga**. Anais Semana Nacional de Ciência E Tecnologia (SNCT), v. 2, n.1, p. 712–716, out. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/SNCT/article/view/1067>. Acesso em: 08 set. 2023.

OMEGA ENGINEERING, **Circuitos de medição**. 2015. Disponível em: <https://br.omega.com/prodinfo/ponte-wheatstone.html>. Acesso em: 12 ago. 2023.

PEGORINI, Leonardo Pessin. **Sistema microcontrolado para monitoramento remoto do consumo de gás liquefeito de petróleo**. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Mesquita. 2021, 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) - Ciências Exatas e Engenharias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/11198>. Acesso em: 10 set. 2023.

PISCALED. **Módulo Célula De Carga 24 Bits Hx711 - Balança**. 2023. Disponível em: <https://www.piscaled.com.br/modulo-celula-de-carga-24-bits-hx711-balanca>. Acesso em: 25 jun. 2023.

TAMAGNA, A. . **Células de cargas dinâmicas**. Salão de Iniciação Científica Porto Alegre UFRGS/PROPESQ. 05 ed. Porto Alegre, RS. Livro de resumos. 1993.

TOMAZI, Rodrigo Miguel; SPOHN, Marco Aurélio. **Análise do impacto da reprogramação do clock do microcontrolador ATmega328P na previsibilidade do FreeRTOS no Arduino Uno**. Revistas de Sistemas e Computação - RSC, [s. l.], v. 10, ed. 3, p. 231-225. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/6722>. Acesso em: 10 set. 2023.

WEIGHTTECH. **Ficha Técnica – Célula de Carga Rocker Column**. 2017. Disponível em: www.weighttech.com.br. Acesso em: 17 jun. 2023.

10 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO MAIS UTILIZADAS

Data de aceite: 03/06/2024

Henderson Matsuura Sanches

Centro Universitário Estácio

<https://orcid.org/0000-0003-2354-3393>

RESUMO: É evidente que atualmente se apresenta inúmeras linguagens de programação para o desenvolvimento de sistemas ou software como *Java*, *Python*, *PHP* e muitas outras. O objetivo é apresentar as possíveis linguagens mais utilizadas no ano de 2024 utilizando *pesquisa online* envolvendo a coleta de informações através de ferramentas *online* e *site* voltado ao assunto apresentando 10 (dez) linguagem a serem utilizadas em 2024. Esperamos que este trabalho te ajude na escolha da sua linguagem de programação.

ABSTRACT: It is evident that there are currently numerous programming languages available for the development of systems or software, such as *Java*, *Python*, *PHP* and many others. The objective is to present the possible languages most used in the year 2024 using online research involving the collection of information through online tools and a website focused on the subject presenting 10 (ten) languages to be used in 2024. We hope this work helps you in choosing of your programming language.

INTRODUÇÃO

Se tratando de desenvolvimento *Web* e desenvolvimento de *softwares*, as linguagens de programação mais utilizadas no mercado hoje em dia são *Python*, *Java*, *JavaScript* e *PHP*. Porém existem vários *sites* que falam sobre as linguagens que mais serão utilizadas em 2024 e muitos destes *sites* especulam ou jogam informações incorretas, porém existem *sites* como *Hostinger* que acertam as tendências das linguagens mais utilizadas no ano vigente.

Com inúmeras opções de linguagens de programação para escolher, pode ser um desafio decidir qual delas aprender primeiro. Essa escolha depende muito do que você está tentando construir através da programação. Com o objetivo de ajudar e entender melhor as opções, este artigo vai resumir as principais características das dez melhores linguagens de programação de 2024 segundo o *site Hostinger*, 2024.

AS LINGUAGENS QUE PODEM SER MAIS UTILIZADAS EM 2024

Segundo o *site Hostinger*, as 10 linguagens que mais serão utilizadas em 2024 são:

1. *Python*;
2. *C#*;
3. *C++*;
4. *JavaScript*;
5. *PHP*;
6. *Swift*;
7. *Java*;
8. *Go*;
9. *SQL*;
10. *Ruby*

Tendo em vista de acordo com essa tendência para o ano de 2024 segue informações de cada linguagem com uma Tabela na ordem de cada linguagem acima.

Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível e para propósitos diversos. Ela pode ser utilizada para múltiplas tarefas, desde a análise e visualização de dados até o desenvolvimento, prototipação e automação *Web*. Na Tabela 1 observa-se algumas características do *Python*.

Característica do <i>Python</i>	
Indicado para	Iniciantes
Dificuldade	Fácil de aprender, ler e escrever
Requisitos	Conhecimento básico em front-end.
Uso	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento <i>Web back-end</i>.• Aplicações <i>desktop</i>.• Ciência de dados.• Automação.• Aplicações <i>deep learning</i>.• <i>Machine learning</i> e computação científica.
Prós	<ul style="list-style-type: none">• Código aberto.• Altamente escalável.• Extensivas opções de frameworks para GUI (interface gráfica de usuário).• Compatível com Linux, Mac e Windows.• Suporte de uma comunidade em constante crescimento.
Contra	<ul style="list-style-type: none">• Mais lenta devido ao fato de ser uma linguagem interpretada.• Consome relativamente bastante memória.• Não é ideal para desenvolvimento de aplicações móveis.

Tabela 1: Característica da Linguagem *Python*.

C#

C# É uma linguagem de programação orientada a objetos, um modelo que organiza o design de *software* ao redor de objetos.

O C# é uma das principais linguagens de programação do mercado devido ao seu rápido desempenho e estabilidade melhorada. Essa linguagem de programação também é mais fácil de ser aprendida do que as suas antecessoras, como C e C++, pois possui uma sintaxe mais simples e uma hierarquia de classe bem definida. Na Tabela 2 observa-se as características da linguagem.

Característica do C#	
Indicado para	Iniciantes e intermediários.
Dificuldade	Moderada
Requisitos	Conhecimentos básicos em C e em linguagens de programação orientadas a objetos podem facilitar o processo de aprendizagem.
Uso	<ul style="list-style-type: none">• Aplicações <i>Web</i>.• Aplicações móveis.• Desenvolvimento de jogos e desenvolvimento de <i>softwares</i> de realidade virtual.• Aplicações Linux e Mac.
Prós	<ul style="list-style-type: none">• Tempos de compilação e execução rápidos.• Perfeita para todos os tipos de desenvolvimento Windows.• Mais segura do que C e C++, já que não utiliza ponteiros (<i>pointers</i>).• Ampla comunidade de desenvolvimento do <i>framework.NET</i>• Grande variedade de <i>frameworks</i>.
Contra	<ul style="list-style-type: none">• Curva de aprendizado inicial mais difícil do que outras linguagens de programação.• Não se traduz bem entre plataformas, pois é dependente do ambiente. NET.

Tabela 2: Característica da Linguagem C#.

C++

A linguagem de programação C++ é uma versão melhorada da C, e uma das mais populares linguagens na área de ciências da computação. Além disso, sua versatilidade faz com que a C++ seja uma das linguagens de programação mais indicadas para se aprender.

A linguagem de programação C++ combina características de linguagens de baixo e alto níveis, fazendo com que ela seja ideal para programação de sistemas, ainda permitindo abstrações para projetos menores. Adicionalmente, a C++ é uma das linguagens de programação multiparadigma, suportando programação imperativa, genérica e OOP. Na Tabela 3 observa-se as características da linguagem C++.

Característica do C++	
Indicado para	Programadores experientes.
Dificuldade	Difícil
Requisitos	Conhecimentos em funções computacionais, resolução de problemas de desenvolvimento e habilidades básicas em programação.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de computador. • Sistemas operacionais. • Desenvolvimento de aplicativos móveis. • Desenvolvimento de videogames. • Desenvolvimento de aplicações <i>server-side</i> e <i>client-side</i>. • <i>Machine learning</i>.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Código aberto. • Altamente versátil. • Rápida e potente. • Permite maior controle. • Funciona bem entre diferentes dispositivos e plataformas. • As competências adquiridas são facilmente transferíveis para outras linguagens.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser complicada para iniciantes. • Usos inadequados dos ponteiros (<i>pointers</i>) podem levar a grandes erros. • Sua estrutura orientada a objetos é menos eficiente do que outras linguagens de programação baseadas em OOP. Ausência de um sistema <i>degarbage collection</i> para gerenciamento de memória.

Tabela 3: Característica da Linguagem do C++.

JavaScript

JavaScript, juntamente com HTML e CSS, é uma das melhores linguagens de programação para aprender desenvolvimento *Web front-end* de todos os *sites* no mundo utilizam *JavaScript* para seu desenvolvimento *client-side* (a interface que é visível para os visitantes).

A linguagem *JavaScript* não é útil apenas para desenvolver *sites*, mas também é excelente para desenvolvimento de aplicações Web, já que oferece um design muito intuitivo. Na Tabela 4 observa-se as características da linguagem C++.

Característica do <i>JavaScript</i>	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil
Requisitos	Habilidades básicas em programação e familiaridade com HTML e CSS.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento <i>Web front-end</i>. • Desenvolvimento de jogos. • Aplicações <i>Web</i>.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Código aberto. • <i>JavaScript client-side</i> é incrivelmente rápida e não exige compilação. • Funciona muito bem com outras linguagens de programação populares. • Ótima para elevar a experiência do usuário e engajamento no <i>site</i>.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Problema de segurança. • Desempenho instável entre diferentes navegadores.

Tabela 4: Característica da Linguagem do *JavaScript*.

PHP

PHP é uma das primeiras linguagens de programação *back-end* que os desenvolvedores consideram ser essencial aprender. Além disso, o PHP é utilizado em grande parte dos *sites* na *internet*, já que é a linguagem primária do *WordPress*.

Comparada a outras linguagens de programação, o PHP é fácil de aprender. Além de ter um extenso conjunto de recursos disponíveis para iniciantes, a sintaxe PHP é elementar. Na Tabela 5 observa-se as características do PHP.

Característica do PHP	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil
Requisitos	Conhecimentos básicos em programação, especialmente CSS e HTML, podem ajudar no processo de aprendizado.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento <i>Web</i>. • Aplicações <i>desktop</i>. • Programas de computador.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Código aberto. • As versões PHP 7 e posteriores são bastante rápidas. • Bem estabelecida para desenvolvimento <i>Web</i>. • Suporta OOP e programação funcional. • Excelente suporte da comunidade e muitos materiais de apoio.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Questões de segurança. • Criar um <i>site</i> utilizando PHP é uma tarefa mais lenta do que utilizar outras linguagens de programação. • Menos ferramentas de <i>debugging</i> (resolução de problemas).

Tabela 5: Característica da Linguagem PHP.

Swift

A linguagem de programação *Swift* está entre uma das mais recentes a surgir no mercado. Inicialmente, quando foi lançada, a *Swift* era uma alternativa à *Objective-C* a principal linguagem para produtos *Apple*.

Como resultado, a linguagem de programação *Swift* é certamente a melhor opção para desenvolvimento de produtos *Apple* e uma das alternativas de programação que mais rapidamente cresce no mercado. Na Tabela 6 observa-se as características da linguagem *Swift*.

Característica do <i>Swift</i>	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil de ler e aprender
Requisitos	Nenhum
Uso	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento de software, especialmente para apps macOS e iOS.
Prós	<ul style="list-style-type: none">• Código aberto.• 2.6x mais rápida do que <i>Objective-C</i>.• Legibilidade melhorada – devido ao seu código mais claro.• Interoperacional com <i>Objective-C</i>.• Menos <i>memory footprint</i>.
Contra	<ul style="list-style-type: none">• Geralmente é considerada uma das linguagens de programação jovens, apesar da rapidez de seu desenvolvimento.• Falta de suporte para versões antigas do iOS.

Tabela 6: Característica da Linguagem *Swift*.

Java

Java é uma linguagem de programação exclusiva que pertence à Oracle. Trata-se de uma linguagem de programação de alto nível, ou seja, que mais se aproxima da linguagem humana e para propósitos diversos, permitindo que os desenvolvedores criem todo e qualquer tipo de aplicação com facilidade.

A linguagem Java é relativamente simples. Isso se deve à sua sintaxe, que possui familiaridade com tarefas do mundo real e com estruturas orientadas a objetos. Além disso, os novos *frameworks* Java, como *Spring* e *Hibernate*, tornam a linguagem ainda mais conveniente para que os desenvolvedores construam aplicações de diversas naturezas.

Desde a engenharia de softwares até o desenvolvimento web *back-end*, passando pela ciência de dados e pelo *big data*, é possível fazer tudo usando Java. Adicionalmente, esta linguagem de programação é comumente utilizada em serviços financeiros devido à sua segurança robusta. Na Tabela 7 observa-se as características da linguagem *Java*.

Característica do <i>Java</i>	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil de ler e aprender
Requisitos	Conhecimentos básicos em programação.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento móvel. • Desenvolvimento de apps. • Aplicações desktop. • Aplicações web. • Desenvolvimento de jogos. • <i>Machine learning</i> e computação científica.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente versátil. • Simples de aprender, escrever, compilar e debugar. • Novos <i>frameworks</i> aceleram o desenvolvimento de programas Java. • Várias APIs disponíveis para o desenvolvimento de aplicações. • Suporta <i>multi-threading</i>. • Segurança aprimorada. • Compatível entre diferentes plataformas.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de execução lento. • Consome relativamente bastante memória.

Tabela 7: Característica da Linguagem *Java*.

Go

A linguagem de programação Go, ou Golang, foi criada visando o desenvolvimento de APIs, aplicações *desktop* baseadas em GUI, e aplicações *Web*. Por mais que seja uma linguagem jovem, que recentemente entrou no mercado, a Go é uma das linguagens que mais rapidamente cresce no mundo da programação.

A programação simultânea ou concorrente (*concurrent programming*) é uma de suas principais características. Este recurso permite que os programadores trabalhem com CPUs de múltiplos núcleos e com uma base de códigos massiva. Na Tabela 8 observa-se as características da linguagem Go.

Característica da Linguagem Go	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil de ler e aprender
Requisitos	Pode ser mais fácil aprender se você já possui habilidades sólidas em programação C e Java.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento <i>Web back-end</i>. • Aplicações <i>Web</i>. • <i>Machine learning</i>. • <i>Programação de sistemas</i>. • <i>Big data</i>.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Código aberto. • Tempo de execução rápido. • Modelo de simultaneidade/ concorrência simples. • Segurança aperfeiçoada. • Excelente suporte para testes e ótimas ferramentas de análise estática.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte de bibliotecas limitado. • Ausência de funções genéricas. • Não é ideal para desenvolvimento de programas complexos.

Tabela 8: Característica da Linguagem Go.

SQL

A *Structured Query Language (SQL)* é a melhor linguagem de programação para aprender caso você esteja interessado em ciências de dados e computação estatística.

Trata-se de uma linguagem de domínio específico. Ela permite que os programadores manipulem, organizem em queries, e analisem dados armazenados em bancos de dados relacionais.

Desenvolvedores *Web* utilizam o SQL para organizar os bancos de dados dos *sites*, e especialistas em *marketing* usam a linguagem SQL para avaliar o desempenho de suas campanhas.

Além do mais, múltiplos sistemas de gerenciamento de banco de dados utilizam a linguagem SQL, incluindo os populares *MySQL* e *MariaDB*. Na Tabela 9 observa-se as características da linguagem SQL.

Característica da Linguagem SQL	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil de aprender, mas pode ser difícil quando se está desenvolvendo funções avançadas.
Requisitos	Nenhum.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Ciência de dados. • Gerenciamento de banco de dados. • Ferramentas de inteligência de negócios (<i>business intelligence</i>). • Relatórios de vendas.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Rápido processamento de queries. • Excelente portabilidade. • Segurança robusta. • Altamente interativa. • Grande comunidade de usuários.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Não é de código aberto. • Não é uma das linguagens de programação ideais para construir aplicações, e sim para lidar com dados.

Tabela 9: Característica da Linguagem SQL.

Ruby

Ruby é outra popular linguagem de programação de código aberto. Ela é comumente utilizada no desenvolvimento de aplicações *Web*, mas os programadores também podem utilizar a *Ruby* para análise de dados e prototipação.

Aprender esta linguagem de programação interpretada e de propósitos diversos exige menos esforços, pois a *Ruby* utiliza uma sintaxe familiar ao idioma inglês.

Adicionalmente, o *framework Ruby on Rails (RoR)* traz diversos benefícios, incluindo uma segurança aprimorada, baixa manutenção e ótima adequação para o desenvolvimento *full-stack*. Na Tabela 10 observa-se as características da linguagem *Ruby*.

Característica da Linguagem Ruby	
Indicado para	Iniciantes.
Dificuldade	Fácil de aprender, mas pode ser difícil quando se está desenvolvendo funções avançadas.
Requisitos	Nenhum.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento <i>Web</i> tanto <i>back-end</i> quanto <i>front-end</i>.
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Código aberto. • Rápida de escrever e fácil de <i>debugar</i>. • Sistema de <i>garbage collection</i> eficiente. • Grande comunidade de usuários. • O <i>framework Ruby on Rails</i> é popular e perfeito para criação de sites.
Contra	<ul style="list-style-type: none"> • Lenta. • Menos flexível. • Problemas <i>multi-threading</i>.

Tabela 10: Característica da Linguagem Ruby.

CONCLUSÃO

Escolher a melhor linguagem de programação para aprender depende muito do que você está querendo desenvolver, já que cada projeto terá necessidades diferentes que a linguagem deverá atender.

Esperamos que este trabalho possa te ajudar a decidir qual linguagem de programação você deseja aprender primeiro, para assim poder construir *sites* e *apps*.

REFERÊNCIAS

C# Disponível em <<https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>> Acessado em 15/03/2024.

C++ Disponível em <<https://learn.microsoft.com/pt-br/cpp/cpp/?view=msvc-170>> Acessado em 15/03/2024.

Go Disponível em <<https://go.dev/>> Acessado em 08/03/2024.

Java Disponível em <<https://www.java.com/pt-BR/>> Acessado em 17/03/2024.

JavaScript Disponível em <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript> Acessado em 14/03/2024.

HOSTINGER Disponível em <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/linguagens-de-programacao-mais-usadas>> Acessado em 19/03/2024.

PHP Disponível em <<https://www.php.net/>> Acessado em 10/03/2024.

Python Disponível em <<https://www.python.org/>> Acessado em 09/03/2024.

Ruby Disponível em <<https://www.ruby-lang.org/pt/>> Acessado em 10/03/2024.

SQL Disponível em <<https://www.oracle.com/br/database/technologies/appdev/sql.html>> Acessado em 10/03/2024.

Swift Disponível em <<https://www.apple.com/br/swift/>> Acessado em 09/03/2024.

GAMIFICATION STRATEGIES AS FORMATIVE ASSESSMENT METHODS - A SYSTEMATIC REVIEW

Data de aceite: 03/06/2024

Manuel Larrosa

DINTER - Universidad de la República,
Montevideo, Uruguay

Leandro Wives

PGIE - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Virginia Rodés

Instituto del Futuro de la Educación -
Tecnológico de Monterrey, México

ABSTRACT: This article aims to deepen the analysis of gamification strategies as an appropriate method to offer feedback in the form of formative assessment for elementary school students (K-12). Although gamification strategies have been crucial in the last decade, studies do not discriminate between game elements, such as leaderboards, levels, rankings, etc. For this reason, this study focuses specifically on one of them: awarding badges to learn more about effects. Beyond its potential, incorporating these practices also supposes a significant challenge: the need for evaluation that formal education systems demand. Based on these topics, a systematic review of the literature covering

the period of 2011 to 2020 is proposed, specifically delving into the link between gamification strategies in formal education environments and the implementation of formative assessment techniques through gamification by badges.

KEYWORDS: gamification, badges, formative assessment, motivation.

INTRODUCTION

The constant interest from educators and researchers in the field of innovation in education has led in recent years to a growing focus on game dynamics as a motivating mechanism appropriate to deliver concepts framed in various disciplines. Several strategies, known as game-based learning, serious games, and gamification, have been developed as practical tools for educational content. This interest is accentuated by the place that mobile devices, digital applications, and video games occupy in audiences of all ages. Digital environments permeate all manifestations of recent human activity and, therefore, also permeate gaming

logic. Likewise, education is no stranger to digitization and finds in it as much potential as challenges. At this intersection between educational systems that must adapt on the move and the overwhelming ubiquity of digitization, questions multiply, while some of their answers can be found in gamification. Definitions agree that it is the application of game logic to other contexts to invoke the motivating and relaxation experience that playing provides. Different definitions link the term gamification with digital environments, tying it to the development and proliferation of video games and gaming. The advantages it introduces seem evident, and there is a remarkable consensus and extensive bibliography. Among them, it can be mentioned the motivation and involvement that generates amid participants; the wealth of practices that it offers for the design of activities by teachers; the horizontal exchanges that it promotes between teachers and students, which also encourage an active role from of all those immersed in its dynamics. Despite this, when its application is analyzed within formal educational systems, a question emerges of how to evaluate the development of activities carried out through gamified strategies. Even deeper, when it comes to delivering educational content, it is important to know how students could assess its appropriation. As Sailer et al. (2017) argue, many studies consider gamification as a uniform concept when in practice it takes many different forms, with heterogeneous designs and environments, since gamification can manifest itself in various ways and combine multiple game elements. Therefore, its results are also very diverse and are directly tied to the elements used in each of the strategies designed. The objective of this article is to carry out a systematic review of the literature to identify the game elements that can be part of a gamified environment. In turn, it seeks to deepen the possibilities that gamification offers as a formative evaluation mechanism, as feedback to the activities carried out inside and outside the classroom. Two large areas and their possible link are then considered. On the one hand, gamification strategies themselves, which are made up of various game elements such as badges, missions, points, levels, leaderboards, and within these, specifically the badges earning as a motivating mechanism to encourage student involvement or engagement. On the other hand, what is considered formative evaluation, i.e., the feedback process students receive about their school performance. At the intersection of these two fields, the awarding of badges can be seen as a method of formative assessment for primary school students (K-12), as an element of gamification with multiple purposes: promoting motivation, facilitating game dynamics for teachers, offering attractive and enriching returns for students which channel educational content and focus on curricular content.

SYSTEMATIC STUDY PROCEDURE

To assess the potential of this approach, a systematic review is proposed, aimed at finding gaps in the literature. The two large areas mentioned (gamification and formative assessment) have been widely studied but independently. The hypothesis that this study raises is the relatively low presence of research that links the two areas and the potential that they can offer together as a pedagogical practice. Systematic studies are an effective research method to identify the state of the art in a given topic by mapping and classifying the studies available in the specific literature [Klock 2018]. Conforto et al. (2011) argue that the main problem of non-systematic studies is the lack of rigor, which results in a personal interpretation of the texts, but with little critical analysis. Therefore, they agree that the most important contribution of systematic studies is the reliability in which they support conclusions by applying a method with exhaustive rigor, capable of reducing the biases that may influence the investigation. Klock et al. (2020) define a series of steps to follow, which are considered for this study. They are described below:

- a. **Planning** - at this stage, is recommended conducting a first exploratory investigation to obtain a general panorama of the field of study. This overview allows evaluating the real need to carry out the secondary study if extensive previous literature justifies the systematic study. As a central point, in this stage are defined the research questions that guide all subsequent development.
- b. **Protocol** - in this step are determined the methods that will be adopted throughout the procedure to reduce the possibility of biases.
- c. **Conduction** - finally, in this stage is applied the search protocol. In this last step, it is suggested to use a series of selection criteria to systematize the process. Conforto et al. (2011) describe this stage as an iterative process in which search filters are applied to refine the results.

OBJECTIVE AND RESEARCH QUESTIONS

The central objective guiding this systematic review is to map academic production in the fields of gamification strategies in educational settings and its link with formative assessment mechanisms. The following research questions are posed:

1. Within the studies on gamification: is there evidence that links reward systems through badges with formative assessment?
2. Are these studies directed towards formal education settings for students under 12?
3. What are the main findings regarding formative assessment through gamification strategies by the awarding of badges?

SELECTION CRITERIA

The literature on gamification has been very profuse in recent years, so it is necessary to limit the period in which the analysis will focus. The same happens regarding formative assessment, which has gained significant focus due to the development of skills that cannot be evaluated on a summative basis. Therefore, according to the general panorama obtained in a first exploratory mapping, the selection criteria are the following: studies published between 2011 and 2020; written in English; finished articles, no previews or short articles (6 or more pages), nor complete books, theses or conferences; primary studies, not systematic reviews or mappings; studies that show the link between gamification through reward systems based on badges and formative assessment; studies that focus on formal educational settings, at primary education level (K-12).

SEARCH ENGINES AND KEYWORDS

From a general survey of the topic and other systematic mappings, it appears that the most appropriate search engines for this study are ACM Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, and Science Direct. For each of the two major topics on which the search will focus, the keywords and their most common synonyms are: gamification, including its possible variants and terms linked to specific gamification strategies - gamified [gamif*], game-based, badges, open recognition, rewards. Formative assessment [assess*], evaluation [eval*], feedback.

Therefore, the search argument in each case must obey the particularities of the operation of search engines, since each one has its own specificities. The logical operator OR is used within each group, while the logical operator AND is used to link both. In addition, the NOT logical operator was used to eliminate unwanted themes or topics specific to repository's profile, which appear very frequently. Thus, the search argument for each site is configured as follows:

ACM: (gamif* OR "game-based" OR "badges" OR "rewards") AND ("feedback" OR "K- 12") NOT ("higher education" OR "high school") Other filters applied in ACM: between 2011 and 2020, only journals, only research articles, PDF, published by ACM.

IEEE: gamif* OR "game-based" OR "badges" OR "rewards" AND assess* OR "feedback" OR "K-12" NOT "higher education" NOT "high school" NOT "software engineering" NOT "computer science" NOT CS NOT engineering.

Scopus: (gamification AND feedback) OR (badges AND assessment) OR (rewards AND open PRE/recognition) AND NOT (high PRE/ school OR higher PRE/ education) [PRE/ - term to indicate that said word precedes the following].

Other filters used: only articles, no conferences, no short papers; by subject area - social sciences, computer science, psychology, arts, and humanities; by language - only in English.

Science Direct: (gamification OR “badges” OR “open recognition” OR “rewards”) AND (assessment OR “feedback” OR “K-12” OR education).

In addition, other filters were established by the search engine to refine the search: containing the keywords only in the title and abstract, only articles published in journals, and only in PDF format.

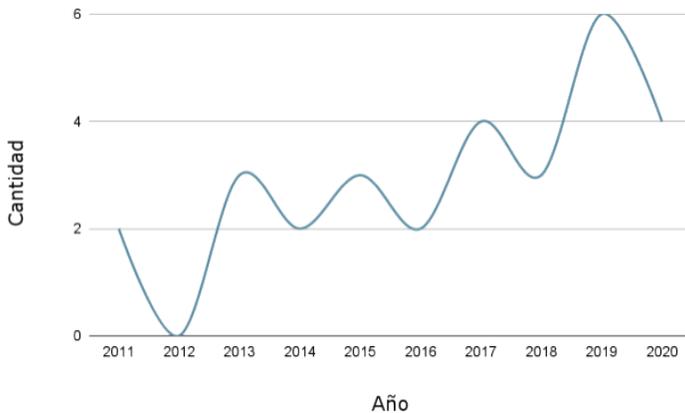
RESULTS

From the application of the search arguments in each repository, were obtained the results shown in Table 1. After the results are returned by each repository, an approximation is carried out that analyzes first the title; if it is related to the topic, we move on to the analysis of the abstract. If there are doubts about its relevance to the topic, in-depth reading is carried out to include it or discard it from the study.

Search engine	Abstract	Title	Intro	Complete
ACM	479	14	5	3
IEEE	574	21	15	12
SCOPUS	280	28	11	9
Science Direct	236	10	5	4

Table 1 – Results obtained from the application of search engine arguments.

One aspect that immediately emerges is the evolution that gamification as a subject of study has developed in the studied period. Graph 1 shows the years of publication of the selected articles. Also included in this graph are the articles selected in this review from the cross-searches that derives from the selected papers. Beyond this systematic review, which due to its scope, is not representative of the entire field of gamification, multiple authors highlight the exponential increase in the topic in recent years [Hamari 2017]. The reasons suggested by these authors link this increase to the psychological experience that playing arouses through gamified practices, which through playful stimuli, seek to motivate those involved to achieve specific objectives, modify their behavior or develop new skills [Klock et al. 2015].



Graph 1 - Evolution of publications on gamification during the period 2011 - 2020

DISCUSSION

Studies on gamification have been approached in very different ways, in some cases analyzing its potential as means to deliver other knowledge, in other cases emphasizing its own characteristics as a pedagogical tool to promote student involvement, motivation and provide specific achievement criteria. Therefore, it is necessary to clarify the field of study since not all experiences that integrate game dynamics can be considered within the field of gamification. In this sense, Chu et al. (2020) distinguishes between what they consider learning supported by games and gamification. In the first case, it involves environments formally designed to channel specific concepts in a particular area and with a function not directed by entertainment but by the content they transmit, known as serious games. While in the second case, gamification focuses on using game elements in a combined or isolated way, framed in educational experiences incorporated in real- life contexts. Regarding the game elements considered within what is defined as gamification, the literature has had an exponential production in the last decade, but in general, they have been analyzed jointly. Aligned with the core of studies on the subject, Chu et al. (2020) mentions among the main game elements that participate in gamified experiences: points, levels, badges, leaderboards, rewards, progress bars, and narratives. However, as they point out, not all experiences include all these elements but emphasis is placed on some of them to make them more effective. In general, they affirm that, although the experiences may integrate several of these, most use only 2 or 3, enough to improve the students' learning results. Nevertheless, there is a real need to analyze some of them in isolation to delve into their effects and psychological mechanisms. Specially in the phenomenon of rewards based on badges, which have received particular attention and investment in online education in recent years. Using the research questions posed as a guide, they are answered one by one below:

Is there research linking badge reward systems with formative assessment?

There is a broad consensus in defining gamification in educational environments as a series of practices that seek to adapt elements of video game design to other areas of daily life [Deterding 2011; Hamari et al. 2014; Sailer et al. 2017], to encourage motivation and participation, recognize and validate skills, and offer credentials indicating the knowledge acquired. Among the most commonly mentioned elements are the delivery of points, badges, rewards, leaderboards, rankings, levels, campaigns, and progress bars, among others. However, as Van Roy et al. (2019) mention, each of these elements separately has a different degree of significance in the effects it generates, determining a specific motivational function. For example, personalization promotes autonomy; badges aim to establish clear goals to achieve; leaderboards encourage competition. Therefore, when making a more detailed study of the game design elements grouped within what are considered gamified strategies, it is necessary to analyze each separately to quantify their effects. In this case, the focus on badges is because it is an element that has gained relevance as a subject of study in recent years, due in part to its widespread presence in many studies, but above all due to initiatives such as Mozilla Open Badges or Khan Academy, which positions them as an alternative credential system to be used in the educational or work environment. Gibson et al. (2015) define badges as the representation of an achievement obtained in a digital, visual format and available online, containing metadata that helps to contextualize its meaning, the process, or the activity by which it was obtained. For the approach pursued by this systematic review, the definition introduced by the author coincides with the hypothesis that links badges in digital format, with the possible return that they transmit. Another symbolically similar example, previous in time but that follows the same purpose, are the badges used by Scouts, which in physical format have the same characteristics described by the author: they offer members of the organization the possibility to certify certain knowledge, which are generally not part of formal education; it makes this recognition visible, which within the internal structure of the organization functions like a CV, as a sample of their skills. One of the common features that both examples share (digital badges and physical badges) is the motivating characteristic, since they act as milestones in a learning path, establishing specific goals to aim for, tracing a path in which there are certain obstacles to go through, while at the same time making those achievements visible once they have been completed. Another critical feature they share is that both examples are developed outside formal education settings, allowing for the recognition of skills that would not be certified otherwise. In short, reward systems based on badges have the advantage of validating abilities not contemplated in traditional school curricula and providing external links that extend the information the badge certifies. As a weakness, in most cases, the validation of the skills developed is only recognized by the organizations that grant them, but there is still no fully shared standard.

What is referred to when talking about formative assessment?

Perhaps the best way to explain it is in comparison to summative assessment. The first thing to mention is that any form of evaluation is a way of contrasting student performance through categories that allow progressively segmenting levels. While the summative evaluation does it from a numerical scale or through standardized judgments, which seek to measure the learning developed by a student and place it on that scale, the formative assessment emphasizes the conceptual content, focusing on generating feedback about the activity carried out. Hattie & Timperley (2007) refer to the qualities an effective evaluation must have. First, they mention that the evaluation must contain specific information about the task or learning process. Its function is to be a frame of reference that the student can confirm, contrast, and restructure. Therefore, formative assessment is a form of return (feedback) that cannot be sustained in a vacuum, by the contrary, its potential is given by the learning context on which it is built. According to the authors, formative assessment must answer three questions: where is the student going? How is his process going? What are his next steps? In this way, to be truly effective, it must be loaded with the conceptual content intended to be transmitted, trace objectives achieved, and future goals towards which to go. On the contrary, the summative assessment lacks conceptual or superficial content since it only transmits the student's location on the measurement scale through a numerical value or a standardized judgment. A widely cited study linking the psychological qualities that develop motivation with formative assessment is that of Abramovich et al. (2013). The authors mention that one of the strengths of a system that promotes formative assessment through badges is that it allows much more freedom when facilitating student feedback. Especially if one takes into account that the focus is on those skills not contemplated within the traditional curricular framework, this is the case of the so-called 21st-century skills, social skills such as teamwork, communication skills, skills to overcome frustration, entrepreneurship, creativity, among others; that in general are not part of academic or professional certifications and therefore are not easily validated, but that nonetheless are increasingly valued as elements to be developed for the growth of the individual. As the authors suggests, the institutions that award educational badges can validate through these any type of skill, knowledge acquired, or completed achievement as a complementary recognition to the summative evaluations that make up the official certifications. This way, badges can be viewed and shared with others as evidence of the competence developed. For this reason, they can be an element that influences and encourages involvement in educational activities and therefore learning.

Are these studies directed toward formal education settings for K-12 students?

This is one of the main findings of this systematic review. Given the nature of badge systems, which make it possible to recognize and validate skills that are not necessarily part of formal curricula, they have been used mainly in non-formal education settings. With the development of Virtual Learning Environments and educational platforms that schools adopt due to increasing digitalization, their use has intensified. However, since they are still considered as a complementary playful element, more as a motivator than an evaluative tool or as feedback, their use is still marginal. There are exceptions, such as Khan Academy, a widely used platform that does not escape the logic of being an accessory tool [Van Roy et al. 2019]. However, given that badges allow the skills developed to be added to a digital portfolio, and that these become part of a sort of CV of a candidate, they find significant potential among advanced students of secondary, technical, or tertiary education in general, besides workers seeking to validate skills or be certified in fields that add professional value. Therefore, most studies that focus on gamified environments that award badges do so by analyzing these qualities, mainly oriented towards adults, advanced students, or professionally active populations; but to a lesser extent, they are directed towards students at the school level. Even though its use is more widespread among young people and adults, studies show that its potential as a solid tool for formative assessment makes it viable to be adopted at any level. This fact is mainly reflected in the playful and visual qualities that badges integrate, especially among school-age children. But their potential is not only given by their visual characteristics, much further by the content they can deliver. As in the case of badges that contain integrated information about the activity for which they were awarded, skills obtained, number of hours dedicated, date, and institution. In the same way, badges can channel for younger students, information related to the concepts sought to be transmitted, linked to the school curriculum.

What are the main findings regarding formative assessment through badges?

It should not be ignored that a reward system based on delivering educational badges is not exempt from possible negative connotations. In this sense, the literature about intrinsic and extrinsic motivation is forceful in its conclusions, and its results also apply to the case of a badge system. As Van Roy et al. (2019) argue, gamification in educational contexts is conceived as an instrument to enhance motivation, understanding that this factor is one of the most determining factors in school performance. Therefore, the effect that a badge system has on motivation is central to discussing its scope. First, it is necessary to differentiate between intrinsic and extrinsic motivation. The first refers to the inherent tendency of human beings to seek novelty and challenge, to extend and exercise their own abilities, to explore and learn. The second refers to the performance of an activity to obtain some result and therefore contrasts with an intrinsic motivation that suggests doing an

activity for the inherent satisfaction that the activity itself causes. To analyze the scope of motivation, Deci & Ryan (2010) introduce the Self-Determination Theory (SDT), with which there is a broad consensus on its usefulness in explaining the phenomenon of motivation. The SDT exposes that the activities involving feedback, communications, and rewards, which lead to feelings of competence as part of their development, can amplify the intrinsic motivation in the process. Likewise, appropriate challenges to its participants and positive feedback on performance also enhance intrinsic motivation, while negative feedback has the opposite effect. In the same way, what the authors call *functional significance* explains that a stimulus by itself is not capable of determining motivation, but rather its motivational impact is mediated by the functional significance that the individual gives to it. Therefore, the way in which a game element is capable of motivating is determined by how the user applies it. In other words, there is no direct relationship between the game elements and the motivational effect they generate. Each of these can trigger a different effect on the user, depending on its meaning and how it is put into practice. This means that a particular game element can have a certain effect (or none), and it depends directly on the individual's intrinsic motivation, which functions according to his psychological needs. In this way, intrinsic motivation is manifested when an individual, for example, practices a sport or plays a musical instrument, simply because he enjoys it and is satisfied. This is how he regulates himself by his own choice and interest. This intrinsically motivated behavior does not require any kind of reinforcement and is a prototypical example of self-determination. The internalization of external motivators gives the opposite extreme of self-regulation. These manifest when the motivation is directed towards a benefit that does not come from the individual himself, but is external, such as receiving a congratulation, a reward, or a gift for reaching a goal. The internalization process occurs when a functional significance is given to an activity that is incapable of developing intrinsic motivation, which is driven by external motivators that give it value, and in the ideal case, can even promote self-regulation and self-determination. In the same way, Auvinen et al. (2015) reinforce the idea that, in educational contexts, different students can react differently to the same gamification method. Even gamification can produce a result contrary to what is expected when it reduces the internal motivation towards the activity, replacing it with an external motivation. This happens when external rewards are perceived as controlling and not informational or reinforcing something that is intended to be emphasized. In this sense, the so-called achievement badges have a function that occurs parallel to the game's goals or activity. As Hamari & Eranti (2011) mention, they introduce an optional goal independent of the game objectives. However, they have an essential function, which is to visualize certain stages in progress in the activity and offer feedback on the performance of the participant. The social function they introduce is even as important as their feedback function since they allow these achievements to be exposed to other participants or spectators. Certain game elements are more effective than others when it comes to providing feedback, such as badges, as the recognized element with the

most weight in this regard. Badges are defined as visual representations of an achievement that can be obtained or collected within the gamified environment. Its function is to make the achievement visible, confirm and clarify it for the user, but more importantly, show the scope of this goal to the other participants. In this sense, badges fulfill a double function; on the one hand, they officiate as a return for the user that indicates that they are in the right direction, but at the same time, they socialize the objective achieved. It is worth asking, what psychological need does each of the elements satisfy? In the case of badges, they offer a visual return, show achievement, and are a way of evaluating the user's performance. This assessment in the form of feedback evokes the feeling of competence, by directly communicating the success in the development of the activities by the player. But we must not lose sight of the fact that all the elements mentioned are external motivators, and if they do not acquire a functional significance that positively internalizes them, they can generate a negative motivating effect. As Van Roy et al. (2019) mention, a classroom environment that promotes autonomy can functionalize the teacher's feedback as informational and enriching, and therefore encourage the development of intrinsic motivation. But, on the contrary, a controlling environment can frustrate autonomy and therefore foster a feeling of extrinsic motivation, which is consistent with negative consequences. The authors state a direct link between highly self-determined environments driven by intrinsic motivation and positive educational outcomes, whereas, in the opposite case, environments extrinsically motivated through control correlate with negative outcomes.

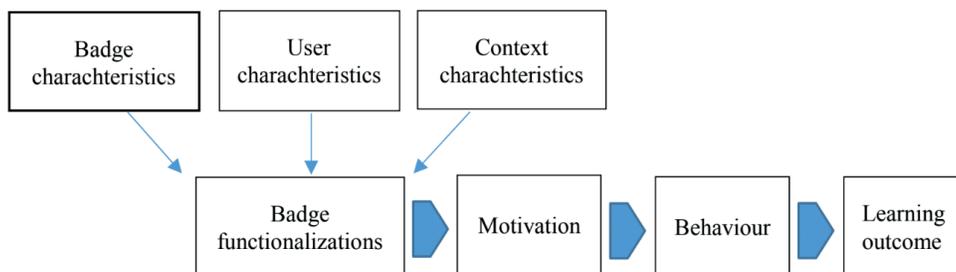


Figure 1. Theoretical framework from Van Roy et al. 2019.

Hamari and Eranti (2011) define badges as optional rewards and goals outside the objectives that make up the core of an activity. This definition suggests that the optional character accompanying the badge does not involve a controlling attitude, and therefore a negative extrinsic motivation, which, although external, can be positively internalized. This aspect is highlighted in the fact that obtaining or not medals does not affect the participant's progress in the activity, but rather, in such a case, they enhance or visualize it. Still, they do not suppose a goal by itself. Instead, the goal is the activity or challenge that awards the badge. One of the most important conclusions derived from the study by Abramovich et

al. (2013) is that different types of badges affect student motivation in different ways. In the case of low-performing students, badges work as an incentive to participate in educational activities, but do not significantly affect skills acquisition. Even more importantly, they can have a negative effect on learning, since the study confirms that extrinsic motivators result in a certain rejection of the activities they promote. Therefore, one of the recommendations for instructional designers is to consider the capabilities of the public to which they are directed, since, if badges do not channel appropriate content for a specific public, there is a possibility of generating a motivational effect contrary to what is desired.

CONCLUSIONS

From the research questions, a clear gap in the literature regarding the link between both topics emerges in the first instance. Although gamification strategies have been addressed from different academic fields, in general, the focus of analysis and interest in its application is given by its motivational qualities or by introducing methodologies that promote active dynamics between teachers and students. However, the focus on formative assessment has been outlined more superficially, and it is here where a future study can emphasize this technic's advantages. A recurring criticism of reward systems is the questioning of their behaviourism nature. In this sense, the studies by Hamari & Eranti (2011), Abramovich et al. (2013), and Van Roy et al. (2019) agree that there is no direct determinism between the function of the badge and its effect. Because many other elements come into play, such as each player's characteristics, context, and motivation toward the activity, it is challenging to establish causality. Mainly due to the SDT, the motivating scope is directly determined by how each one functionalize the stimuli. Van Roy et al. (2019) mentions it when stating they "question the existence of a one-to-one relationship between some game element and its motivational function". It suggests that any game element can trigger a motivational function (or not), depending on the meaning a user gives it and the relationship established between it and their psychological needs.

In conclusion, it can be deduced that if there is no direct relationship between the influence of the badges and the effect they generate, it is difficult to sustain the behaviourist hypothesis, by which it is understood that the delivery of badges is an external reinforcer and therefore its function is to change behavior. Based on the arguments presented, it is understood that the elements that come into play in motivation are multiple, very complex, and that their effects do not always have a direct and unilateral relationship with the function given to them. Furthermore, a strong two-way link between the user and the different game elements draws up diverse relationships. Game elements are linked to each other since they rarely exist in isolation; at the same time, they are nourished by the psychological needs of the users and how each one functionalizes their presence according to their motivation, obtaining a different effect on the game in each case.

REFERENCES

- Abramovich, S., Schunn, C., & Higashi, R. M. (2013). Are badges useful in education? It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Educational Technology Research and Development*, 61(2), 217–232. Retrieved July 14, 2023, from <https://www-jstor-org.proxy.timbo.org.uy/stable/24546520>
- Auvinen, T., Hakulinen, L., & Malmi, L. (2015). Increasing students' awareness of their behavior in online learning environments with visualizations and achievement badges. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(3), 261-273.
- Chu, M.-W., & Fowler, T. A. (2020). Gamification of formative feedback in language arts and mathematics classrooms: application of the learning error and formative feedback (LEAFF) Model. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 10(1), 1–18.
- Conforto, E. C., Amaral, D. C., & Silva, S. L. da. (2011). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2010). Self-determination. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1–2.
- Deterding, S. (2011). Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model. *Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts, a Workshop at CHI*, 10 (1979742.1979575).
- Garcia-Iruela, M., & Hijón-Neira, R. (2020). What Perception Do Students Have About the Gamification Elements? *IEEE Access*, 8, 134386–134392.
- Gibson, D., Ostashewski, N., Flintoff, K., Grant, S., & Knight, E. (2015). Digital badges in education. *Education and Information Technologies*, 20(2), 403–410.
- Giessen, H. W. (2015). Serious Games Effects: an overview. *procedia - social and behavioral sciences*, 174, 2240–2244. Retrieved July 14, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.881>
- Glover, I. (2013). Play as you learn: gamification as a technique for motivating learners. *Edmedia+ Innovate Learning*, 1999–2008.
- Hamari, J., & Eranti, V. (2011). Framework for Designing and Evaluating Game Achievements. In *Digra conference (Vol. 10, p. 9966)*.
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2013). Social motivations to use gamification: an empirical study of gamifying exercise.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii international conference on system sciences (pp. 3025 - 3034)*.
- Hamari, J. (2017). Do badges increase user activity? A field experiment on the effects of gamification. *Computers in Human Behavior*, 71, 469–478.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. Retrieved July 14, 2023, from <http://www.jstor.org/stable/4624888>

Klock, A. C. T., da Cunha, L. F., & Gasparini, I. (2015). Um modelo conceitual para a gamificação de Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *RENOTE*, 13(1).

Klock, A. C. T. (2018). Mapeamentos e revisões sistemáticos da literatura: um guia teórico e prático. *Cadernos de Informática*, 10(1), 1–9.

Klock, A. C. T., Gasparini, I., Pimenta, M. S., & Hamari, J. (2020). Tailored gamification: A review of literature. *International Journal of Human-Computer Studies*, 144, 102495.

Ryan, R., & Deci, E. L. (2000). La Teoría de la Autodeterminación y la Facilitación de la Motivación Intrínseca, el Desarrollo Social, y el Bienestar. *American Psychologist*, 55(1), 68–78.

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380.

Retrieved July 14, 2023, from <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>

Terras, M. M., & Boyle, E. A. (2019). Integrating games as a means to develop e- learning: Insights from a psychological perspective. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1049–1059.

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18.

Van Roy, R., Deterding, S., & Zaman, B. (2019). Collecting Pokémon or receiving rewards? How people functionalise badges in gamified online learning environments in the wild. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 62–80.

Retrieved July 14, 2023, from <https://www.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.09.003>

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton digital press.

ARTE E DESIGN NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO SOCIAL E TECNOLÓGICA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO COM JOGOS ELETRÔNICOS

Data de aceite: 03/06/2024

André Marques Batista

Graduando do Curso de Engenharia da Computação, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

Macon Jonathan Pereira Delforno

Graduando do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

Fabio Andrijauskas

Professor Orientador Doutor, Curso de Engenharia da Computação, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

RESUMO: O cenário da utilização da arte e *design* como parâmetros de realização de modernização social e tecnológica possibilita um olhar para a necessidade de sustentabilidade nos aspectos sociais e ambientais, o que deve ser objeto de estudo quando se avalia os impactos da inovação e do desenvolvimento tecnológico. As perguntas norteadoras do estudo são: O que nas sociedades vigentes após as revoluções industriais e burguesas se entende como processo de modernização e quais seriam os princípios desempenhados pela arte e *design* para se obtê-la? Como pergunta secundária tendo em vista o objeto

de estudo relacionado aos jogos eletrônicos se questiona quais são os caminhos para um desenvolvimento sustentável considerando modelos de gerenciamento numa empresa de jogos eletrônicos? O objetivo do artigo é entender a especificidade da área de jogos eletrônicos focalizada na franquia Sonic e suas vertentes de arte e design, feitas na perspectiva de sustentabilidade ambiental, sob gerenciamento de sua empresa detentora, a *Sega*. O presente estudo se baseia em pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo com a utilização do método histórico para elaboração da discussão sobre modernização social e tecnológica. Para a compreensão da trajetória da franquia e do jogo eletrônico aos quais o estudo se dedica foi desenvolvida uma pesquisa documental. A *Sega* é uma empresa participante do mercado capitalista vigente, e é partindo então de sua trajetória que se procura tirar conclusões a respeito da arte e design como precursoras da modernização social e tecnológica, em que um dos maiores desafios é a sustentabilidade socioambiental e empresarial. O estudo demonstrou como a modernização social e tecnológica tem sido desenvolvida unilateralmente com descaso pela natureza, pela exclusão social e pelos processos criativos, o que

contribuiu com um simulacro de modernização. Acompanha esse processo a forma indústria e mais recentemente a forma empresa como pressuposto fundamental do desenvolvimento tecnológico e das relações sociais.

PALAVRAS-CHAVE: Jogos eletrônicos, arte e design, sociedade e tecnologia

ABSTRACT: The scenario of using art and design as parameters for carrying out social and technological modernization makes it possible to look at the need for sustainability in social and environmental aspects, which should be the object of study when evaluating the impacts of innovation and technological development. The guiding questions of the study are: What in societies in force after the industrial and bourgeois revolutions is understood as a process of modernization and what would be the principles played by art and design to achieve it? As a secondary question, considering the object of study related to electronic games, what are the paths to sustainable development considering management models in an electronic games company? The objective of the article is to understand the specificity of the electronic games area focused on the Sonic franchise and its art and design aspects, made from the perspective of environmental sustainability, under the management of its parent company, Sega. The present study is based on qualitative bibliographical research using the historical method to elaborate the discussion on social and technological modernization. To understand the trajectory of the franchise and the electronic game to which the study is dedicated, documentary research was developed. Sega is a company participating in the current capitalist market, and it is then based on its trajectory that we seek to draw conclusions regarding art and design as precursors to social and technological modernization, in which one of the biggest challenges is socio-environmental and business sustainability. The study demonstrated how social and technological modernization has been developed unilaterally with disregard for nature, social exclusion and creative processes, which contributed to a simulacrum of modernization. This process is accompanied by the industry form and more recently the company form as a fundamental presupposition of technological development and social relations.

KEYWORDS: Electronic games, art and design, society and technology

INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia trouxe diversos benefícios para todos, comunicação global, dispositivos médicos, carros elétricos e muitos outros elementos, uma das formas que mudou o estilo de vida são os elementos de entretenimento digital. O conceito de modernização precisa ser discutido na sua amplitude histórica e territorial, verificando-se como as diferentes áreas do conhecimento e da ação humana se encontram submetidas a uma noção simples de modernização. Em contraponto à naturalização do conceito, o presente estudo constata que a modernização é repleta de contradições e valores de classes sociais e grupos hegemônicos, impactando nas transformações sociais, econômicas, culturais e tecnológicas (CASTILHO, 2010).

O cenário da utilização da arte e *design* como parâmetros de realização de modernização social e tecnológica possibilita um olhar para a necessidade de

sustentabilidade nos aspectos sociais e ambientais, o que deve ser objeto de estudo quando se avalia os impactos da inovação e do desenvolvimento tecnológico. A discussão sobre a capacidade de criatividade e suas relações com a modernização tecnológica e com a arte e *design*, sendo estes atributos de transformação social, abrange o artigo, que utiliza o personagem *Sonic* e a empresa *Sega* no meio empresarial. Os jogos eletrônicos se inserem dentro das culturas digitais atravessando os campos da arte e do design.

Assim, a especificidade do artigo é a área de jogos eletrônicos focalizada na franquia *Sonic* e suas vertentes de arte e design, feitas na perspectiva de sustentabilidade ambiental, sob gerenciamento de sua empresa detentora, a *Sega*. Essa é uma empresa participante do mercado concorrente capitalista vigente, e é partindo então desse contexto específico que se procura tirar conclusões a fim de se explicar o contexto geral da importância da arte e design como precursoras da modernização social e tecnológica, em que um dos maiores desafios é a sustentabilidade. A figura 1 ilustrada por Bekker (2018) mostra esse desafio de ser sustentável, pois demonstra uma produção e diversificação produtiva de uma franquia conhecida fundamentada em preservação natural, existindo a necessidade de preservar as características comportamentais e culturais para qualificação dela. com a amplificação de sua capacidade de distribuição e manifestação, se propondo a alcançar a sustentabilidade, porém ao mesmo tempo há dificuldades de gerenciamento empresariais da empresa *Sega* para que a franquia tenha plenitude nisso, devido ao controle social e financeiro promovido pelo ambiente empresarial que usa a vertente de esquecimento da preservação natural e coletividade humana.



Figura 1 - Figura ilustrada por Bekker (2018) que mostra diversificação de produtos da franquia para a venda.

A inovação entendida como parte da modernização social e tecnológica precisa estar aliada à sustentabilidade, exigindo-se esforço das organizações inovadoras e sustentáveis, pois não basta apenas gerar novos produtos. Entende-se, nesse estudo, que processos de inovação dissociados de concepções e práticas pautadas na sustentabilidade são um contrassenso, uma contradição em termos, à medida que a inovação no mundo contemporâneo só é considerada enquanto tal à medida que está pautada pelos pilares da sustentabilidade. Assim, inovação e sustentabilidade são conceitos indissociáveis e fundamentais para que se efetivem processos de modernização social e tecnológica (Figura 2).

A Figura 2 então demonstra que a formulação de sustentabilidade é gerada pela união de três pilares: ecológico, social e econômico. O conjunto ecológico refere-se à preservação natural, o social ao atendimento às necessidades do convívio social e o econômico a dimensão do desenvolvimento das forças produtivas, o entrelaçamento desses pilares dá sustentação à ideia de sustentabilidade.

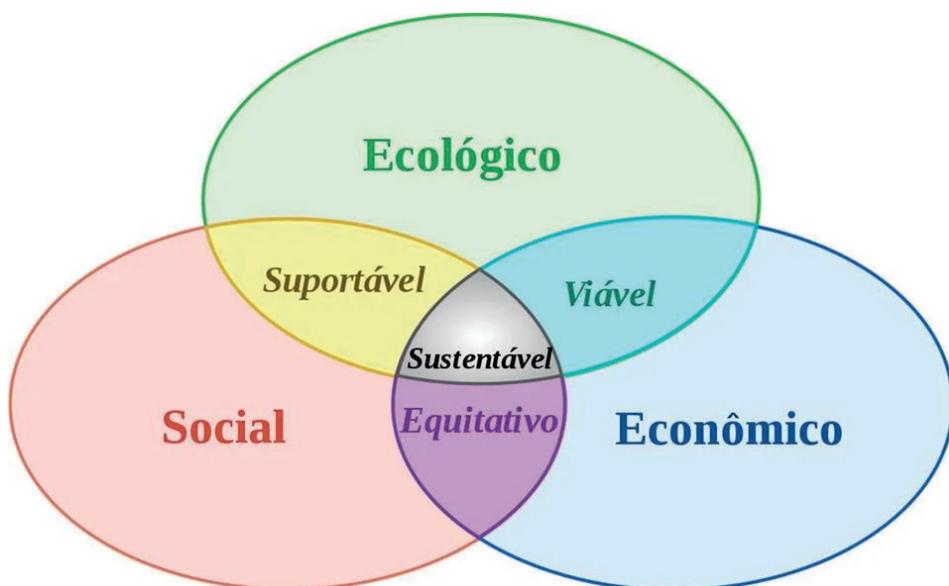


Figura 2 – Tripe da sustentabilidade Fonte: Bernhardt (2020)

As perguntas norteadoras do estudo são: O que nas sociedades vigentes após as revoluções industriais e burguesas se entende como processo de modernização e quais seriam os princípios desempenhados pela arte e *design* para se obtê-la? Como pergunta secundária tendo em vista o objeto de estudo relacionado aos jogos eletrônicos se questiona quais são os caminhos para um desenvolvimento sustentável considerando modelos de gerenciamento numa empresa de jogos eletrônicos?

O objetivo do artigo é entender a especificidade da área de jogos eletrônicos focalizada na franquia Sonic e suas vertentes de arte e design, feitas na perspectiva de sustentabilidade ambiental, sob gerenciamento de sua empresa detentora, a *Sega*.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo se baseia em pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo seguindo as instruções do *Manual de Metodologia Científica* de Auriluce Pereira Castilho e Nara Rubia Martins Borges e Vânia Tanús Pereira (2011). Temos então, a princípio, a utilização do método histórico conforme indicado por essas autoras no auxílio para elaboração da discussão sobre modernização social e tecnológica. A revisão bibliográfica contemplou temáticas e autores pertinentes aos objetivos do estudo conforme indicado no quadro 1:

Temática/conceito	Principais autores/textos
Conceito de <i>mimese</i> na construção da definição de arte	Claudia M. Braga em seu artigo <i>As estratégicas trágicas da emoção da modernidade</i> (2008) apresentado no V Congresso ABRACE
	Arnold Hauser. <i>História social da arte e da literatura</i> (2000)
Levantamento histórico sobre conceitos e práticas do <i>design</i>	<i>Uma breve introdução a história do design</i> (2008) de Rafael Cardoso <i>Design versus Artesanato: Identidades e Contrastes</i> (2008), apresentado no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, por Haroldo Contri Eruchi e Olympio José Pinheiro <i>O Designio do Design</i> (2005), escrito por Catarina Moura
Realidade aumentada	<i>Novas utilizações das potencialidades BIM - produção de informação as-built e apoio a medição de trabalhos realizados com recursos da realidade aumentada</i> por Martins (2014).
Arte, design e franquias	<i>Fatores Críticos do sucesso da franquia: uma análise sob óptica ex franqueados no município de São Paulo</i> (2005) publicado no Caderno de Pesquisas em Administração, de autoria de Toledo e Proença (2005).
Modernização social e tecnológica	<i>Os sentidos da modernização</i> (2010) da revista da Universidade Federal de Goiás, escrito por Denis Castilho
Hackers e o desenvolvimento de franquias	<i>Hackers e seu desenvolvimento</i> , de autoria de Batista, Sacilotti e Madureira Jr. (2022).

Quadro 1 – Referencial teórico, temáticas e autores que organizam o texto.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Quanto à pesquisa documental, obteve-se dados sobre o sucesso mundial da franquia *Sonic The Hedgehog* e sobre o gerenciamento da empresa *Sega* com o documentário *The Making of Sonic The Hedgehog* (2023), dirigido por *Jeroen Bekker*, disponível no Youtube. Neste documentário, há também informações de atitudes de atores importantes que são comumente mencionados no processo de criação do personagem *Sonic* e seus jogos, como *Hirokazu Yasuhara*, *Yuji Naka* e *Naoto Oshima*. Também foram feitos pequenos testes de jogabilidade dos jogos *Sonic Origins* e *Super Monkey Ball Banana Mania* para discutir conceitos de clássico e moderno presentes no artigo para definição de modernização. Esses testes estão expressos na Figura 3 através de *Print Screen*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO SOBRE A HISTÓRIA DA ARTE AO DESIGN: CAMINHOS PARA A COMPREENSÃO DA FRANQUIA SONIC

A partir de elementos da história da arte, e de como ela se relaciona com o conhecimento e a preservação da natureza, abordamos as configurações de um processo de modernização social e tecnológica. A arte neste trabalho é identificada a partir de periodizações que localizam a humanidade em tempos relativos considerando seu surgimento até atualmente com exemplos de civilizações e suas experiências estéticas.

Abordando a história da arte

Ao contrário das criaturas que tinham vivido anteriormente dominando a Terra, como os dinossauros (BRANCO, 2014), o ser humano apresentava a capacidade de organização de ideias e linguagens mais elaboradas que a imediatamente instintiva e seus grupos então produziram produções e manifestações artísticas. O termo arte está relacionado com a palavra *ars* do latim que significa habilidade ou ofício. A arte pode ser categorizada em definições de representação, expressão e forma. Já são registradas manifestações artísticas na pré-história com pinturas rupestres e peças de artesanato no período paleolítico superior. Nos períodos posteriores, como o mesolítico e neolítico, já é possível evidenciar representações de ritos e danças, elaboração de figuras representativas da vida coletiva da então civilização. Desenvolvimento da escultura, cerâmica, colocação de monumentos e elaboração das técnicas de desenhos nas cavernas são marcas importantes. Posteriormente no período pré-histórico na idade dos metais, a humanidade também mostrou indícios de começo de desenvolvimento da escrita (IMBROISI, MARTINS, 2023). Pinturas nas cavernas na pré história, as artes egípcias (produzidas com referência aos faraós) e gregas (feitas com busca da perfeição realista a partir da observação, com trabalhos colaborativos e baseados em descobertas, mais livres de figuras sacerdotais na antiguidade foram exemplos de manifestações artísticas iniciais.

No antigo Egito com a construção de pirâmides como demonstração de desenvolvimento da área da arquitetura, pinturas, templos, formação de esculturas são

exemplos para a estipulação de definição de arte (IMBROISI, MARTINS, 2023). Temos o teatro como um importante cumpridor do papel educador na Grécia antiga (IMBROISI, MARTINS, 2023). Esse conceito de arte como representação da realidade através da observação e procura da fidelidade dela em sua representação demonstram os inícios então da elaboração desse termo, arte no sentido grego. Na Antiguidade, Platão estabeleceu definições para a arte através do termo *mimese*, que em grego, significa cópia ou imitação, visando a representação de algo que é representado pela natureza, gerando representações aparentes do então mundo dito real. Ao longo de períodos históricos a *mimese* passou a ser vista como representação plena da magnitude da realidade, abrindo discussão sobre o conceito (HAUSER, 2000; ALVES, 2010).

O conceito de *mimese* também foi discutido por Aristóteles. De acordo com os seus ensinamentos, a arte se mostra como a expressão de uma busca por conhecimentos da natureza humana, unindo-se também a o conceito de *catarse*, a qual seria o objeto que libertaria os seres devido a sua capacidade de purificá-los (BRAGA, 2008). Pitágoras também discutirá o conceito de *mimese* como tratamento dos sentimentos expostos, após os “estados da alma” sendo expressos em obras. Pitágoras desenvolveu o sistema de notas e intervalos musicais e estabeleceu a existência de relações das harmonias de sons com o movimento dos astros e sugeriu uma explicação de realidade expressa por números (SABOYA, 2015). Desde a antiguidade a música se mantém como um elemento importante de compreensão de dinâmicas culturais de sociedades, sendo que o ser humano dá indícios de que desde a pré-história faz uma organização de emissão de sons, sendo a música atualmente considerada como uma das expressões artísticas (SENA, 2020). Guimarães (2023) em seu texto *História da Arte, o que é? Períodos históricos, modelos sociais e culturais*, relata a história da arte com os períodos descritos a seguir: No período do império romano, temos a arte atrelada à engenharia e arquitetura, e à elaboração da relação de manifestação artística com estabelecimento da igreja, usada como poder de estado. No então período bizantino do império romano, houve a elaboração das artes gregas mesmo com discussões religiosas a respeito de representação de imagem representativa da arte.

Assim, na Idade Média, temos os estilos românticos e góticos e elaboração estritamente sob perspectiva de uso bíblico para encenação religiosa conforme a vontade da classe sacerdotal, relacionando-se com as áreas de arquitetura e envolvendo os paradigmas dos estratos feudais quanto à servidão e à nobreza. Posteriormente no período de Baixa Idade Média, a arte passou por seu período renascentista marcado por rever os ideais greco-romanos. Com significativa concentração na Itália, foi um movimento surgido com a decadência do feudalismo que iniciou a então baixa idade média, e ascensão de formação de cidades. Características do humanismo, movimento que proporcionou produções artísticas valorizando a figura humana e sua inteligência (DIAS, 2021) e o antropocentrismo, visão de considerar o ser humano como centro dos objetivos da formação do mundo (BUBLITZ, 2016), podem ser notadas no movimento renascentista. Podemos citar a conhecida obra

Mona Lisa de Leonardo da Vinci e artistas como Michelangelo, Sandro Botticelli e Donatello. Após essa época da renascença, também temos aparições da arte barroca (dualidade entre antropocentrismo e teocentrismo) e rococó (de manifestação hedonista e ornamental) mostrando as diferenciações entre as instruções de igrejas católicas e protestantes.

Na Idade Contemporânea temos a arte sofrendo o marco da revolução francesa, integrando o neoclassicismo. O estilo neoclássico contemplaria a teoria de Aristóteles de entender a arte como uma imitação da natureza e imitaria os modelos greco-latinos na sua expressão. Tem-se o Romantismo (valorizando a imaginação e sentimentalismo), o realismo (exibindo a realidade de maneira objetiva), a *Art Nouveau* (fazendo referência à arte medieval e oriental), o impressionismo (buscando a iluminação natural, impressão de cores, fiel a imagem em que se enxerga) e pós-impressionismo (utilizando cores vivas e colocação da bidimensionalidade) (DIAS, 2018). O então período da idade contemporânea foi marcado por correntes filosóficas como iluminismo, um movimento de valorização da reflexão da racionalidade (MEDEIROS, 2014), positivismo, fundamentado para o comportamento humano visando puramente a objetividade e ações metodológicas, proporcionando uma ciência neutra aos aspectos históricos e comportamentais (SOUZA, 2020; CHAGAS, 2015), e mesmo também o idealismo de *Hegel*, que discutiu as formas de capacidade do pensamento humano aliadas as estruturas que abrange a realidade (RAMOS, 2010).

Essas correntes e experiências filosóficas foram problematizadas pela arte, pondo em discussão os limites da racionalidade e da capacidade do desenvolvimento técnico e científico dar conta da totalidade do real. Temos a definição também de um período moderno e contemporâneo, no século XX que se manifestou com as vanguardas europeias. Assim se apresentam estilos como surrealismo, com o objetivo de apresentar realidades além da imediata (IMBROISI, MARTINS, 2023), o dadaísmo, com sua contestação social artística se fundamentando no caos social e destruição da então violenta realidade humana, (IMBROISI, MARTINS, 2023) e temos o futurismo, que pregava exaltação dos processos industriais e aceitação das tecnologias, com parte de seus membros ligados ao partido do fascismo italiano (IMBROISI, MARTINS, 2023). Nota-se o fovismo¹, que procurou se manifestar artisticamente sem o intelecto e sentimentos, seguindo o impulso do instinto e sensações primárias, procurando o estado de graças das crianças e selvagens, e também o expressionismo, que expressa os sentimentos humanos, utilizando cores e pinceladas para as representações de amor, o ciúme, o medo e a solidão, etc (IMBROISI, MARTINS, 2023).

Não é casual que o surgimento de uma escola de design como a Bauhaus tenha ocorrido justamente no contexto das vanguardas européias e que artistas como Paul Klee e Kandinsky tenham sido seus primeiros professores. É uma virada estética importante, mas também política e econômica. Revolução nas artes e revolução tecnológica que tem na reprodutibilidade técnica da obra de arte sua grande marca, puderam por meio de uma

¹ Também conhecido como Fauvismo

escola como a Bauhaus fazer encontrar dois tipos de formação: a da Academia de Belas-artes e a Escola de Artes e Ofícios (CARDOSO, 2008).

Posterior à Segunda Guerra Mundial, ocorre a expressão artística também do pós-modernismo e pós-estruturalismo. Ações performáticas, movimentos de *Pop Art* e minimalismo se caracterizam nesses períodos como fundamentais na expressão artística enquanto significativa para a vida humana, cada vez mais determinada por novas tecnologias. Então o *design*, nesse contexto, é estudado como um processo que simula algo no qual existe uma espécie de conjunto de intenções, unindo a noção de arte, técnica, mecânica e máquina como elementos à disposição de um pensamento de característica artificiosa e criadora de outros mundos possíveis, disparando movimentos de transformação estética que reconfiguram a arte ela própria e a sua relação com a modernização social e tecnológica. Nesse cenário, surge a centralidade do design.

Design e modernização: novos sentidos para a arte e a técnica

O *design* reflete a capacidade humana de redesenhar o dito real, adicionando a ele a plasticidade do virtual (MOURA, 2005). Para o entendimento da capacidade humana atual de proporcionar entretenimento, é apresentado um histórico do *design*, baseado nas informações do livro *Uma introdução a história do design* de Cardoso (2008). As revoluções burguesas e industriais trouxeram transformações para o modo de convívio da humanidade, com novas configurações devido ao surgimento e consolidação da classe burguesa. O engendramento de um mercado como sujeito da história e dispositivo de mais valia se estabelece como o âmbito em que se compra matéria prima por pouco e se vende os produtos por muito, procurando extração máxima de produção do trabalhador, abrindo a discussão divisão do trabalho e categorização dele através de um ponto de vista de capacidade técnica e de acumulação de capitais. Estipulação de elites, concepções de espaços públicos e privados, nascimento de moda, métodos de produtividade e trabalho, concorrência, patentes, produção em larga escala, ponto de vista de que a aplicação da mecanização e repetição de execuções é fundamental para uma produção, aliada a rotinas de cotidiano com um controle de produção, além de um possível processo de escravização e preparo para um consumo acumulado caracterizam o desenvolvimento desse tal mercado.

As discussões de injustiças sociais que circundam a nossa convivência atual se relacionam muito com o que foi alcançado por essas revoluções. A inconsequência e descasos com problemas sociais partem do pressuposto da instauração do ponto de vista de que essas rotinas de cotidiano e o desligamento do convívio natural construíram uma suposta modernização social (PAIVA, 2007).

Podemos por exemplo, notar que a ascensão da burguesia trouxe o estilo artístico neoclássico com composições influenciadas pelos modelos greco-latinos e uma necessidade de se estudar em academias para encontrar uma beleza racional, notando-se

então que a sociedade vigente passava por influências em escolhas culturais e de consumo, em detrimento da liberdade artística (IMBROISI, MARTINS, 2021). A área de decoração pertencente a de *design* de interiores (CARVALHO, 2021), a qual o estilo neoclássico se enquadrou, desenvolvia-se por exemplo com a produção de vasos e peças decorativas no mercado, moldando o conceito de moda. Em 1786 foi elaborado por Josiah Wedgwood (conhecido ceramista europeu na indústria da época) cópias para venda dos vasos de Portland, o qual é descendente da arte romana, uma arte então ancestral. Isso demonstra a categorização do neoclassicismo no processo de elaboração de design, para executar vendas e elaboração de cópias de itens de decoração (CARTWRIGHT, 2023). O vaso está expresso na figura 3.



Figura 3 - O vaso de Portland (DE FUSCO, 2019).

De Fusco (2019) em seu livro *História do Design* também mostra um desenho de William Hogarth (conhecido pintor inglês da época) expresso na figura 4, no qual representa o trabalho de tecelagem, que foi impactado pela revolução industrial. Na Inglaterra até a metade do século XVIII, a tecelagem era de notório caráter manual e artesanal, passando depois por um processo de transformação devido a mecanização deste trabalho (com elaboração e invenção elaborada por Edward Cartwright, a revolução industrial adotava a mecanização desse processo). A tecelagem se caracteriza pelo ato de entrelaçar fios, gerando uma conjunção e formando tecidos (FRADE, MARCONDES, 2020). Esse trabalho foi submetido às metodologias de produção e venda em larga escala. A elaboração por exemplo de roupas, que são possíveis de serem feitas com tecelagem nessa concepção de mercado, moldam e desenvolvem o conceito de produção para a moda, devido ao impulsionamento da produção em larga escala e formação da influência do mercado da indústria sobre as escolhas de consumo e culturais.



Figura 4 - Desenho de pessoas trabalhando com tecelagem nos anos da Revolução Industrial.

Fonte: De Fusco, 2023.

No processo das revoluções industriais, por volta de 1851, foi fundada uma empresa chamada *Singer Manufacturing Company*, atuante na manufatura de máquinas de costura, que conseguiu a liderança no mercado de maneira racionalizadora diferente das concorrentes que não tinham eficiente processo de mecanização para produção. Tal concepção de produção que resultou em um sucesso segundo os diretores da *Singer* na época, vieram devido a uma maior qualidade das máquinas, aliada a uma estratégia mercadológica com inclusão de vendas a prestação, expansão internacional e publicidade. Isso demonstra que a melhora da qualidade dos produtos não vem somente da instalação de um processo de mecanização, pois este puramente consegue apenas produzir mais peças com menos operários.

Os processos das revoluções industriais então se mostram majoritariamente abrangendo uma modernização e qualidade da produção, sendo uma adoção de metodologias de trabalho com recortada utilização de mecanização que visam produção em larga escala. A colocação do abandono do trabalho cooperativo e manual pode ser notada, discutindo possível segregação social, pois as revoluções industriais não tiveram princípios de se moldarem como uma distribuição uniforme de evolução tecnológica. Apenas criaram condições de implementação de trabalho conforme os ditames da maquinaria. O *design* se molda como possível maneira de utilização nesse mercado no que envolve a

geração de produtos, publicidade e propaganda feitos de forma que consigam interagir com usuários e convencê-los a participar do então consumo. A necessidade de um trabalho de um *designer* em uma empresa com o objetivo de fazer ela se sobressair nesse tal mercado, criando objetos que se destaquem em relação a empresas concorrentes mostra-se como participante do contexto.

Porém, sob certo ponto de vista, o design executa funções para a humanidade desde os tempos pré-históricos, através do ato de conceituar visualmente ideias e exploração de conhecimento gráfico (ERUCHI, PINHEIRO, 2008) que criou a relação entre atividades artísticas e seus movimentos mencionados no histórico anteriormente. A partir dessa relação da história da arte com a do *design* é possível notar que os dois conceitos compõem a discussão do comportamento humano, e que as consequências históricas se passam pela maneira de como o ser humano se relaciona com esses conceitos que abrem os caminhos para a modernização e suas contradições.

Sociedades não realmente modernizadas geram também uma banalização da compreensão do que são as sociedades clássicas. Nas manifestações de literaturas, já presente no período da antiguidade, a vertente clássica faz referência a abordagem de costumes pertencente às outras épocas, utilizando uma narrativa tradicional e estrutura formal, abrangendo sociedades antigas, incluindo algumas vezes mitologias e simbolismo. A vertente moderna possui linguagem inovadora, abordagens criativas em relação a questões culturais, sociais e políticas e com uso de narrativas experimentais. Embora as vertentes clássicas e modernas possam ambas discutir a fantasia, mitologia e simbolismo, a literatura clássica reflete as obras feitas na antiguidade clássica e no período do renascimento e as modernas durante o século XX e início do século XXI, período posterior das transformações sociais causadas pelas revoluções mencionadas (ALMEIDA, 2023). As revoluções burguesas e industriais, que moldaram visões fundamentais para a formação da sociedade capitalista atual, abrem a discussão do conceito de modernização social e tecnológica como possível aplicação de algo que causa empobrecimento e miséria humana. Castilho (2010), em seu artigo *Os sentidos da Modernização*, em parte da sua conclusão do trabalho reflete sobre como o termo modernização é utilizado como justificativa para segregação social:

[...] A reflexão aqui desenvolvida também ressalta que o conceito de modernização tem se apresentado bastante difundido nas instituições acadêmicas, no universo político bem como nos meios de informação. E essa difusão tem impedido uma fundamentação crítica no âmbito teórico e favorecido uma naturalização do fenômeno, colocando a expansão do modo de produção capitalista como algo necessário ao “progresso social” e considerando a pobreza, a fome e a segregação como resultado do atraso, ou como o avesso das sociedades modernizadas (p. 136)

A segregação social, de comportamentos clássicos e modernos, com consideração de que o clássico reflete algo ultrapassado e deve ser excluído e não incluído socialmente,

mostra o empobrecimento da compreensão da função do termo clássico, que se refere a hábitos de épocas mais antigas e que continuam acontecendo nos espaços sociais que recebem o processo de modernização.

Faz parte das estratégias de modernização contemporâneas o gerenciamento empresarial. Para o desenvolvimento, a inovação e o crescimento dos mecanismos de produção e consumo se recorre ao *design* para moldar o desempenho, abrindo a possibilidade de outras concepções na relação com a natureza. As relações entre arte, design e técnica se fazem presentes para que se consiga abordar políticas sustentáveis e participar do processo de modernização social e tecnológica. A interpretação da modernização na sociedade de produção capitalista como um processo de justificativa ao empobrecimento humano e social devido à expansão do estilo de vida advindo das revoluções burguesas e industriais citadas (CASTILHO, 2010), mostra que o processo de modernização social, e também tecnológica, não foi realmente aplicado em suas definições. Um dos fatores responsáveis por isso é a separação ingênua entre o que é clássico e o que é moderno, algo que se dá no âmbito da arte, da técnica, da produção e do consumo. Estudar a indústria do entretenimento é fundamental para compreender esse processo.

Design e a modernização: processos que se relacionam com a franquia Sonic

As formulações de um personagem para entretenimento como Sonic, objeto de nosso estudo, em seu conjunto de características que refletem seus atributos clássicos e modernos de entretenimento, suas capacidades de moldar seus atributos de jogos eletrônicos para séries animadas, livros artísticos, utensílios de venda, histórias em quadrinhos e outros meios de comunicação mostram que essa capacidade unida a sua manifestação cultural são o seu *design*.

Disso decorre a necessidade de se estudar como se articulam as experiências da franquia que é objeto de nosso estudo a essa concepção ampla de design. A franquia específica do artigo é discutida em relação a sua modernização com sua empresa detentora Sega, apresentando-se nesta subseção uma introdução à definição de franquias. A franquia é uma concessão do direito de uso de uma marca fornecido pelo proprietário a um investidor através de um modelo de negócio, para então poder ser replicada em diferentes locais para exploração de mercado. O ato de franquear funciona com uma relação de interdependência entre o investidor e a marca. O investimento das lojas pelos franqueados, implementação de tarefas de operacionais relacionadas à produção, podendo abordar as questões relacionadas à administração, contabilidade e financeira abordam o conceito (GRIEBLER, 2023). A cobrança de taxas é comum por parte dos franqueadores com o uso de imagem da marca. Exemplos de serviços aplicados na rede de entorno de franquias são: fast food, livrarias, lavanderia, perfumaria e decoração (TOLEDO, PROENÇA, 2005).

Atrelando esses aspectos de serviço ao setor audiovisual de franquias, no artigo é trabalhada a franquia *Sonic The Hedgehog*, que originalmente foi lançada em 1991 por meio de um jogo eletrônico que distribuiu mais de 15 milhões de cópias (DAVID, 2015) e começou a fazer sucesso, protagonizado por um personagem em forma de animal antropomórfico como um ouriço. Em poucos anos atingiu um patamar de sucesso e conseguiu um nível de reconhecimento pelas crianças comparável ao de *Mickey Mouse* em 1993 (BEKKER, 2018). É discutida a sustentabilidade desse sucesso. Há avanços em interpretar games como algo relacionado à comunicação (PERANI, 2014). Isso fez com que a *Sega* elaborasse acordos de licenciamento para maximização de lucros, envolvendo venda de produtos como tênis, mochila, toalhas e outros utensílios (BEKKER, 2018). A *Sega* se caracterizou por ser uma das principais empresas no desenvolvimento de videogames na primeira década de 1990, com um videogame chamado *Mega Drive* (também conhecido como *Sega Genesis*), lançado primeiramente no Japão em 1989, apresentava uma CPU² que em termos brutos de frequência de clock³, conseguia ser mais rápida do que o do videogame da sua objetiva concorrente Nintendo, lançado quase dois anos mais tarde, o Super Nintendo (GÓIS, 2022), com o personagem Sonic sendo criado nesse contexto. É indicado que as vendas estimadas do *Mega Drive* são em cerca de 40 milhões de unidades, destacando-se no mercado do setor na época (LEMES, 2013).

A FRANQUIA SONIC THE HEDGEHOG: ENTRE O CLÁSSICO E A MODERNIZAÇÃO

Um processo de revitalização da franquia *Sonic* tem acontecido a partir de um jogo feito por fãs que são contribuintes de desenvolvimento de jogos. Essa experiência ficou conhecida como *Sonic Mania* e acrescentou perspectivas novas ao level design, ocorrendo modernização artística e tecnológica para seus produtos e ao mesmo tempo sem entrar em contradição com o que foi feito antes. Esse jogo que leva o nome da franquia foi o mais bem avaliado dela pela crítica em quase duas décadas, sendo finalmente lançado em 2017 (GALVÃO, 2017). *Sonic Origins* é uma coletânea que se totaliza na aquisição de jogos clássicos da franquia *Sonic*, que foi finalizada e lançada recentemente em 2023. Esses jogos clássicos funcionam com tecnologias modernas. Foi desenvolvida em partes pelo setor de programação de *Sonic Mania* (STANTON, 2022). Vale lembrar que esses jogos foram originalmente lançados na década de 1990. Com esse relançamento, esses jogos foram disponibilizados sem um contexto de falsificação de modernização feita por um controle empresarial. Eles apresentaram aplicações de modernização, mesmo originalmente sendo jogos clássicos.

² Termo empregado por Góis (2022) para se referir a processador.

³ Termo citado por Góis (2022) que indica a velocidade em que um processador ou dispositivo eletrônico executa as operações por segundo.

A franquia *Sonic* sofreu por décadas falsificações de sua progressão original (BATISTA, SACILOTTI, MADUREIRA JR., 2017), porém a modernização do clássico em *Sonic Origins*, ou mesmo no próprio *Sonic Mania*, mostrou que esse trabalho foi feito sem a desconstrução das atividades praticadas anteriormente. Esse processo se deu por meio da criatividade que o *design* proporciona. A partir dos parâmetros das revoluções industriais não se demonstra ter seus caminhos feitos pela exclusão social e esquecimento das características das sociedades clássicas, e sim pela aplicação de convívio cooperativo, como mostrou o projeto *Sonic Origins*, que mostra maneiras de se jogar jogos clássicos em estilos clássicos e também mais modernos, sem desconstrução da sua trajetória.

Sonic quando sofreu o seu processo de falsificações de progressão sofria uma falsa modernização, com os parâmetros do mercado advindo do processo das revoluções burguesas e industriais e suas consequentes aplicações sociais, resultando nas características sociais desenvolvidas com o estabelecimento do capitalismo (BATISTA, SACILOTTI, MADUREIRA JR., 2017).

A consideração de que costumes clássicos devem ser excluídos e gerando uma segregação de públicos “clássico e moderno”, que na realidade não existe na utilização plena da tecnologia e convívio social é um desafio no meio empresarial da *Sega*.

Sonic Superstars, jogo publicado pela série em 2023 (PETRÓ, 2023), que curiosamente foi desenvolvido por um estúdio fundado por *Naoto Oshima*, pessoa de grande responsabilidade pela parte artística que circunda o personagem, sucede o que foi feito em *Sonic Mania* e *Sonic Origins* sendo um jogo modernizado, com aplicações de modernizações, como na da área do princípio artístico (GIANOTTI, 2023), por não desconstruir (ou entrar em contradição) com as características clássicas (EPPS, 2023). A figura 5 mostra que melhores capacidades de processamento gráfico e de imagem de novas tecnologias caracterizam o encontro do clássico com o moderno e a transição dos processos contempla a concepção do clássico e aprimora a experiência tecnológica.



Figura 5 - Comparação de clássico e moderno em Sonic, no trailer de Sonic Superstars.

Fonte: Sega, 2023.

Notável característica do projeto é a aplicação da modernização feita por um estúdio sob forte influência do seu criador artístico, e não por seu disponibilizador de funcionamento tecnológico, *Yuji Naka*. É visto que *Yuji Naka* aprendeu inicialmente a programar replicando códigos de linguagem de programação de revistas, se relacionando de certa forma com pensamento *hacking* e foi contratado sem curso superior, programando na linguagem *Assembly* (DEOLINDO, 2020), embora tenha ganhado privilégios empresariais. Isso mostra as contradições da metodologia de inclusão e organização do mercado e sua organização e parâmetros colocados conforme inclusão de funcionários segundo sua formação de instituições de ensino e escolares, com ele demonstrando ser apenas um mero mecanismo de obtenção de poder e controle das “legalidades e normas” estabelecidas no trabalho do meio empresarial.

A modernização de *Sonic Superstars* é mostrada através das leis da física clássica aplicadas no jogo. Trata-se do estudo sobre inércia publicado por Isaac Newton, responsável pela obra *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural* (1687), a qual diz que “um corpo em repouso permanece em repouso se não é forçado a mudar, um corpo que se move continuará a mover-se com a mesma velocidade e no mesmo sentido, se não for forçado a mudar”.

A lei da inércia que surgiu após a elaboração de seus estudos (BORGES, 2023), foi representada pelos jogos do *Sonic* para desenvolvimento através do ambiente de linguagem de programação. Mesmo quando utilizando a linguagem de programação de alto nível, que é uma utilização com o uso facilitado da linguagem por comandos, como na linguagem de programação C, utilizada por exemplo no jogo *Sonic Spinball*. Esse é um

jogo de *Sonic* com mecânicas de *pinball*⁴ que foi desenvolvido em menos de seis meses com implementação de códigos modulares colaborativos de desenvolvedores amigos de uma empresa na época chamada *Polygames* para auxiliar o Instituto Técnico da Sega em um curto prazo de tempo, conseguindo rápido desenvolvimento (BEKKER, 2018). Foi demonstrada a capacidade de imaginação se relacionando com a implementação de métodos e atributos de linguagem. Isso pode ser potencializado na formação e discussão no ensino escolar (BATISTA, SACIOTTI, MADUREIRA JR., 2017).

A lei da física clássica parou de ser representada nos jogos de *Sonic*. Esse fato está relacionado à adoção pela empresa Sega de novos softwares supostamente mais modernos. O que ocorre, no entanto, é a decadência da sua presença no mercado, perda considerável da força de trabalho aliada a sua saída do mercado de hardwares (MAHMOUD, 2023). O processo de modernização, nesse contexto, mostrou-se muito mais com ferramentas capazes de traduzir e representar leis e dimensões reais do espaço. Temos um processo inicial de negação da lei da inércia superado pelo desenvolvimento do design e a contribuição de uma perspectiva externa ao que a empresa vinha realizando. Essa inovação que representa a evolução do jogo, da sua jogabilidade e da própria franquia é possível de se analisar por meio dos lançamentos de *Sonic Mania* em 2017 e *Sonic Superstars* em 2023. Esse processo de modernização foi capaz de aliar ciência, arte e design além das perspectivas clássicas e modernas do jogo (Figura 6). A figura 6 demonstra que Sonic em *Sonic Superstars* tende a ficar em movimento ao terminar deslizar pelo looping, demonstrando incorporação da lei da inércia.



Figura 6 - Sonic deslizando em looping em *Sonic Superstars*.

Fonte: Sega, 2023.

⁴ Termo citado por Bekker (2018) que faz referência a um jogo de marcação de pontos sem deixar uma ou mais pequenas bolas caírem através de jogabilidade de palhetas. Lembrando que a princípio Sonic usa física de bola em seu funcionamento.

Hirokazu Yasuhara, responsável pela fundamentação do *level design* de *Sonic*, trabalhou as emoções de interação e desempenho do jogador usando leis da física com posicionamentos de objetos de interação (BEKKER, 2017). Falando sobre o trabalho que fez com a franquia, abordou sobre a questão da visão da empresa Sega quanto ao personagem. Naquele momento se opôs à decisão da Sega de criar jogos que usassem ‘Sonic-alguma coisa’⁵ no intuito de vendê-lo facilmente e que gostaria de fazer jogos bons, evitando-se o uso do personagem de maneira casual (SPARKES, 2013).

Observando os aspectos artísticos, tecnológicos e empresariais de Sonic e como isso se envolve com o seu design: importância do trabalho coletivo e colaborativo

Isso abre a discussão da dita concepção empresarial entre “fazer um projeto que segue um padrão repetitivo apenas para ganhar dinheiro em um lucro a curto prazo” ou “fazer um projeto com qualidade não se preocupando necessariamente com as perspectivas de lucro a curto prazo e sim a longo”. Essa discussão não precisa existir se estivermos considerando a fundamentação do *design* para a criatividade verdadeiramente promotora da modernização tecnológica. A essência da manifestação artística é mantida tanto para ideias de execução simples e clássicas quanto para as que levam mais tempo para elaboração, em cenários repetidos ou criativos, pois a modernização tecnológica discute a união dos dois. A questão gira em torno da metodologia de trabalho colaborativo e coletivo, o que não significa usar o personagem de maneira casual.

Por exemplo, a *RGG Studio*, estúdio de criação de jogos que trabalha com a empresa *Sega*, colocou *Sonic* como personagem jogável em dois de seus jogos, *Super Monkey Ball Banana Blitz HD* e *Super Monkey Ball Banana Mania* (DOBSON, 2021). A jogabilidade e cenários de *Super Monkey Ball* se apresentaram familiarizados e semelhantes com a de *Sonic*, dando até margem de interação dos personagens das duas franquias em desenvolvimento de enredos, traçando maneiras de executar a modernização tecnológica, e consequentemente social. O trabalho cooperativo mostra-se como caminho para a sustentabilidade social e empresarial num ambiente dado pela cibercultura marcado pelas experiências e inteligências coletivas (BATISTA, SACILOTTI, MADUREIRA JR., 2017).

Um estúdio que não trabalha com *Sonic* a princípio o coloca como participante em um jogo e ele soa familiarizado e agindo e participando de forma natural, utilizando seu fundamento de *design*, mostrando que a modernização empresarial então não processa desconstruções e desentendimentos de estúdios e departamentos, com visões polarizadas de modernização entre o clássico e o atual.

Certamente as vendas de *Sonic* tendem a ser menores com ele agindo como participante em um jogo de uma outra franquia em comparação a um jogo de sua franquia, como mostrado em *Super Monkey Ball* (PARIJAT, 2021), mas a harmonização social e financeira é mantida em ambos os casos (Figuras 7, 8 e 9). A arte e design mostram que

⁵ Expressão utilizada para manifestar a inclusão de algo que não é de Sonic.

o ambiente que proporciona encontro de grupos de culturas familiarizadas, permite novas formulações para franquias e sustentabilidade, com suas programações e jogabilidades, como demonstram as figuras.

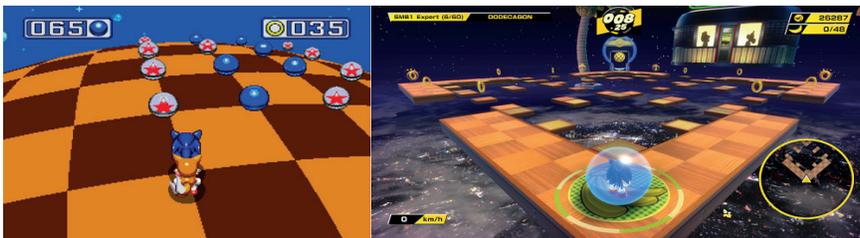


Figura 7 - Sonic em um jogo (Sonic 3 & Knuckles, em Sonic Origins) e em Super Monkey Ball Banana Mania, a imagem é um Print Screen dos testes de jogabilidade de Sonic Origins e Super Monkey Ball Banana Mania.



Figura 8 --Sonic pode até encenar junto os personagens de Super Monkey Ball.

Fonte: Sega, 2021.



Figura 9 - Artwork para Sonic em Super Monkey Ball Banana Mania.

Fonte: Millán, 2021

Essa é uma pequena demonstração de superação de divisões socioculturais e econômicas envolvendo um controle empresarial, pois capacidade de “emprestar” um suposto direito de propriedade, comporta uma administração de superação das divisões e processando “pequenos e grandes” ganhos financeiros.

Emediato (1972) no texto *Educação e transformação social* cita que “a revolução cultural só é possível graças a uma mudança operada na estrutura do poder, e conseqüentemente, no sistema de produção. (p. 215)”. A intercalação da produção empresarial com as capacidades do público conseguir comprar sustentavelmente os produtos fornecidos demonstram saídas para a solução da produção destrutiva em larga escala, podendo essa ser substituída de um jeito moderno considerando a preservação da natureza. Por exemplo, hoje podemos comprar jogos pelo meio digital via *download* ao invés de comprarmos eles fisicamente com *CD*. A produção física requer extração de recursos da natureza mais direta e sistemática para produção, como o que é necessário para se produzir o *CD* e os papéis de manuais, entre outros atributos. Mesmo existindo o desejo por parte do público de comprar a versão física do *software* e ter condições financeiras para isso, é possível transformar essa produção em não destrutiva.

Na aplicabilidade de vendas de *Sonic Mania* e *Sonic Origins*, foram lançados inicialmente o seu conteúdo apenas por meio digital via *download*, com conteúdo adicional alguns anos depois. No lançamento desse conteúdo adicional, lançaram também uma versão física com pacote completo e inclusão de álbuns de arte (PENILHAS, 2018), com elaboração de colocação de conteúdos clássicos e modernos nessa perspectiva (PAIVA, 2023), estes pacotes adicionais são nomeados então como *Sonic Mania Plus* e *Sonic Origins Plus*.

Sonic Mania Adventures é uma série de curtas animadas que alcançou mais de 100 milhões de visualizações no *YouTube* com um pouco mais de 10 minutos de duração com avaliação positiva e é o vídeo mais visto no canal da franquia (CASTILHO, 2018). Notável característica da série é a maneira simplista com habilidade artística e com um processo criativo no seu desenvolvimento. Não recorreu a esgotamento de recursos, pois não tem dubladores já que não possui falas. Isso mostra que o entretenimento, atendimento ao público e criatividade não estão na verdade relacionados com o desperdício e esgotamento de recursos se constituindo um processo efetivo de modernização.

Esse tipo de produção não vai além do que o público pode comprar e consumir, gerando proporcionalidade e facilidade de reposição da extração natural, evitando os danos causados devido a produção de cópias físicas.

A maximização da distribuição da produção na verdade não está relacionada com a destruição e empobrecimento social e da natureza. Podemos lançar um produto inicialmente para pré-venda com sua edição física o deixando disponível para quem tem condições sociais e conseqüentemente financeiras, e apenas depois colocar a inclusão do público mais carente e com menos recursos através da inclusão do meio digital modernizado, como

fez *Sonic Superstars* (AZEVEDO, 2023; AIRES, 2023), mostrando a existência de políticas que intercalam os meios digitais e físicos de acordo com condições históricas e sociais. Isso também questiona a necessidade de concorrência de empresas com produtos, a conceituação de desbancar outro produto lançado na mesma época, do mesmo ramo, não é necessária. Trata-se do conceito de eficiência de consumo em que a modernização social então se desenvolve com a produção plenamente ligada às condições do público e da preservação natural. Essa é uma perspectiva muito distinta da que formulou Schumpeter quanto ao conceito de destruição criativa.

Vale ressaltar que *Sonic* também possui criadores (pessoas que contribuíram para o processo de criação e publicação do personagem), que não são tão comumente mencionadas pela *Sega* (BEKKER, 2017), que ajudaram a construí-lo como relevante manifestação cultural (BEKKER, 2022). No fim das contas, hoje nem *Yuji Naka*, *Naoto Oshima* e *Hirokazu Yasuhara* trabalham diretamente com a *Sega* e na *Sonic Team* devido às situações financeiras desfavoráveis históricas da empresa (HOROWITZ, 2012), sendo *Yuji Naka*, o último dos três a sair (CHOI, 2006).

O estúdio *Arzest* do qual *Naoto Oshima* é presidente desenvolveu *Sonic Superstars* (KUHNKE, 2023). Antes esse designer trabalhou com a empresa *Square Enix* para desenvolvimento do jogo *Balan Wonderworld*, lançado em 2021 (GUGELMIN, 2022). A equipe do jogo de desenvolvimento contou com *Yuji Naka* e *Naoto Oshima* e o projeto foi considerado como “jogo dos criadores de *Sonic*” (PARÁBOA, 2022). O jogo teve vendas consideradas baixas e de pouca qualidade pela crítica (CRADDOCK, 2021). Podemos afirmar que seu desempenho geral como produto de sucesso cultural foi negativo. Nota-se a ausência da presença do pilar do *level design* criado por menção por *Hirokazu Yasuhara*, e a aparente incapacidade de *Balan Wonderworld* alcançar a mesma relevância cultural de *Sonic*, que chegou a ser um ícone do setor de jogos. Aconteceu a prisão de *Yuji Naka* por ações feitas na *Square Enix* após o desenvolvimento de *Balan Wonderworld* (GUGELMIN, 2023), porém o mesmo já se encontrava em uma posição social diferente do que aquela quando trabalhou na *Sega* e com *Sonic*.

Também se nota o melhor desempenho cultural de *Sonic Superstars* em relação a *Balan Wonderworld*, com críticas consideravelmente melhores (CASTILHO, 2023) e vendas populares (NORMAN, 2023; D'ANGELO, 2023). Feitos pela *Arzest*, *Balan Wonderworld* foi publicado em 2021 (com *Yuji Naka*) e *Sonic Superstars*, (sem *Yuji Naka*) em 2023, sendo projetos quase sequenciais.

Os personagens de *Sonic* foram criados em um ambiente que permitia o trabalho cooperativo artístico. *Knuckles The Echidna* foi criado após uma série de reuniões e esboços do time artístico (BEKKER, 2018). - O personagem *Knuckles The Echidna* mostra que as habilidades do personagem para interagir com o design do jogo se relaciona com sua concepção artística (Figura 10)

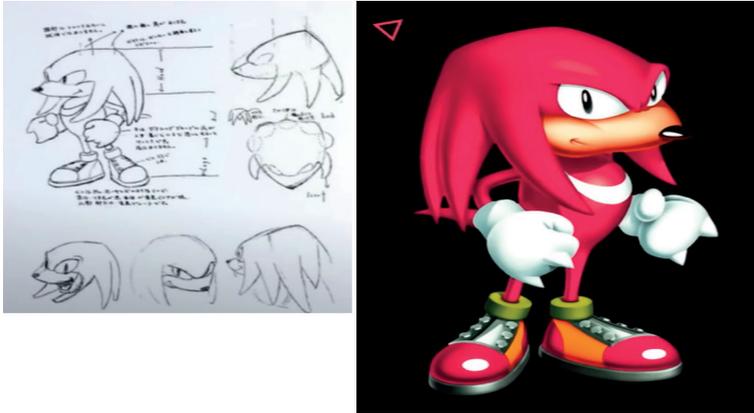


Figura 10 – Esboços para *Knuckles The Echidna*.

Fonte: Bekker, 2018

A personagem *Amy Rose* (Figura 11) teve seu processo de criação com funcionários de vários departamentos para a sua aparência, *Naoto Oshima* desenhou o formato da cabeça e os tênis e *Kazuyuki Hoshino*, um artista de personagem, colocaria o estilo da expressão do personagem, e faria o seu desenho computadorizado em pixel art (BEKKER, 2020).



Figura 11 - Fotos da personagem *Amy Rose* e seus esboços.

Fonte: Bekker, 2020.

Além disso, o personagem *Metal Sonic* (figura 12) foi criado após esboços artísticos para transição computacional (BEKKER, 2020). A imagem da figura 7 mostra o personagem e seus rascunhos e sua representação computadorizada e calculada matematicamente, mostrando a existência de relação da construção matemática com a interação no manuseio tecnológico e suas emoções. O personagem foi feito para competir e rivalizar com Sonic, sendo ele uma versão robótica dele (BEKKER, 2020) .

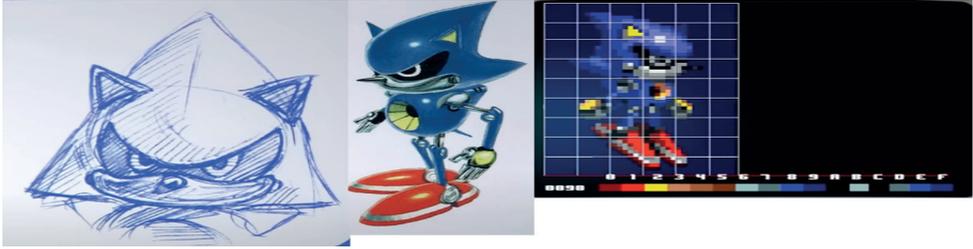


Figura 12 - Fotos do personagem Metal Sonic

Fonte: Bekker, 2020.

MODERNIZAÇÃO E INSUSTENTABILIDADE: ARMADILHAS E CONTRADIÇÕES NO GERENCIAMENTO DA SEGA

Cândido (2023) aborda que *Yasushi Yamaguchi*, artista que trabalhou na empresa *Sega*, relatou em uma pergunta feita a ele nas redes sociais que o setor americano da empresa ignorava os pedidos dos artistas para representação do personagem *Sonic* em suas anatomias e formação, na década de 1990. Existia uma dessincronização entre o setor americano e japonês. O japonês não possuía um departamento que gerenciava de forma adequada os personagens da franquia.

A franquia *Sonic The Hedgehog* sofreu por décadas colocações que entravam em contradições com o que foi feito anteriormente, sendo de certa forma constantemente criticada negativamente por consumidores e avaliadores, (BATISTA, SACIOTTI, MADUREIRA JR., 2017). As dificuldades de modernização da franquia aconteceram devido a falta de sua plenitude identitária e limitação de criatividade acontecidas devido a influência de visões empresariais e resultados financeiros sobre os jogos, gerando então uma consequência da decadência da empresa e da franquia no mercado. A elaboração de desenhos animados e histórias em quadrinhos de *Sonic* poucos anos depois de sua criação inseriram enredos e personagens que entravam em contradição com o que foi elaborado para os jogos, abordando como a *Sega* realizou o *marketing*⁶ do personagem (BRAGA, 2017). Isso indica um prelúdio do processo de desarmonização de público consumidor, que resultaria em divisões (BATISTA, SACIOTTI, MADUREIRA JR., 2017).

As pessoas mais mencionadas e consideradas como criadores de *Sonic The Hedgehog*, são três: uma responsável pela forma e desenho do personagem, abordando a parte artística, chamada *Naoto Oshima*, uma responsável pelo *level design*, projetando a jogabilidade e as interações do personagem evocando emoções no jogador, como por exemplo, sua relação com os objetos, chamada *Hirokazu Yasuhara*, e uma responsável pela *engine*, que é o motor do jogo, fazendo o trabalho de disponibilização tecnológica para inserção de dados para funcionamento do jogo programado, funcionando eletronicamente, chamada *Yuji Naka* (BEKKER, 2022; PETRÓ, 2011).

⁶ Refere-se a otimização de lucros por meio da adequação de produção e oferta de mercadorias ou serviços na franquia

Após o lançamento do primeiro jogo da franquia, *Yuji Naka*, não estava gostando da forma do gerenciamento empresarial do setor japonês, tendo confusões com a política da empresa, e resolveu deixá-la. Porém a *Sega* recorreu mais tarde, oferecendo a ele uma proposta com maior possibilidade de renda e maior controle criativo sobre a franquia *Sonic* (BEKKER, 2018).

Temos aqui o advento de uma posição de maior poder empresarial a uma pessoa responsável pelo motor do jogo, a *engine*, dando a condição de funcionamento tecnológico. Assim, Yuji Naka passa a ter mais poder que as pessoas responsáveis pela arte e *level design* do personagem. Assim *Yuji Naka* foi considerado responsável pela especificidade técnica do funcionamento dos jogos de *Sonic* e o seu verdadeiro e único criador.

Yuji Naka recentemente, em 2022, não trabalhando mais na *Sega* foi condenado judicialmente por participar da compra de ações da *Aiming*, empresa que trabalha com desenvolvimento de jogos, e chegou a ser preso devido ao objetivo de revender as ações de um jogo da empresa por um preço bem maior após o anúncio de tal projeto, com a suposição de que o preço das ações aumentaria após o então anúncio. Elas foram compradas antes do anúncio do jogo chamado *Dragon Quest Tact*. Isso foi feito com um grupo de colegas enquanto trabalhava na empresa *Square Enix*. A empresa *Aiming* estava cooperando no desenvolvimento do projeto com a *Square Enix*, empresa responsável pela franquia *Dragon Quest*. O grupo foi novamente condenado também em uma situação parecida, envolvendo o projeto de jogo *Final Fantasy VII: The First Soldier*, com *Ateam*, provedora desenvolvedora de games, colaborando com a *Square Enix*. Esse tipo de crime é chamado de *Insider Trading*, que faz referência ao crime de compra de informações privilegiadas (GUGELMIN, 2023; RIBEIRO, 2023). Ressaltando que Yuji Naka foi escolhido pela *Sega* como o maior responsável pela criação da franquia *Sonic* e ganhou perspectiva de controle criativo, é notório que o caráter do cargo permite o exercício de poder que dá oportunidade de se cometer ilegalidades conquistadas através de um meio, supostamente, legal. É importante destacar que esse tipo de situação se dá por conta das contradições da financeirização do capital.

Os jogos de formação de *Sonic* inicialmente eram em sua maior parte feitos pela *Sega Technical Institute* (que significa Instituto Técnico da *Sega*), mas em 1995 o instituto parou de ser uma entidade separada na empresa e foi mesclada com outros estúdios americanos de desenvolvimento, deixando as dependências da franquia com sua capacidade de criação mais voltada ao corporativismo (BEKKER, 2018). Isso pode ser associado ao fato do criador do engine, Yuji Naka, ter sido considerado mais importante que as pessoas que desenvolveram a arte e o *level design*, abrindo caminhos para atitudes legalmente questionáveis. Tal responsável pela elaboração e disponibilização do motor seria condenado judicialmente algumas décadas depois da criação de *Sonic*. A *Sega* passou por uma decadência empresarial e enfraquecimento no mercado *hardwares* em sua história durante a comercialização do hardware *Sega Saturn* na segunda metade da

década de 1990 (PUIATI, 2023). tendo um rombo de 267,9 milhões de dólares durante a comercialização deste *hardware*, *Sega Saturn* e demitiu 30% da sua força de trabalho, por volta da segunda metade da década de 1990. Na época o *Sega Saturn* não apresentava um preço muito acessível a certos consumidores, além de que o hardware exigia conhecimento de programação em linguagens de baixo nível, que se aproxima mais do funcionamento interno do computador, na *Assembly*, dificultando para desenvolvedores e facilitando para *Yuji Naka*. (OLIVEIRA, 2011). A empresa produtora de videogames concorrente na época, com o *Playstation*, anunciou seu preço 100 dólares a menos do que o *Sega Saturn* quando lançado, sendo o preço considerado um dos motivos do seu insucesso (KARAS, 2014).

A *Sega* em 1997 em um projeto de jogo chamado *Shenmue* para o seu videogame vigente na época, o *Sega Dreamcast*, investiu 47 milhões de dólares. As vendas do jogo não cobriram o investimento e trouxeram um prejuízo considerado contribuinte para a saída da empresa do mercado de invenção e fabricação de videogames (BARBOSA, 2021). Ferreira (2016) apontou que a franquia Sonic vivia um momento de crise de identidade nos seus 25 anos de existência, com notável rejeição do público consumidor pelos *softwares* dos jogos acontecida em um momento próximo da saída da empresa do mercado dos consoles de videogames no final da década 90.

Na imagem da Figura 13, que apresenta o lucro líquido⁷ da *Sega* entre 1993 a 2004 nota-se o retorno do lucro líquido da *Sega* com a saída de *hardwares* de videogames, porém com uma lucratividade de sobrevivência se levando em conta a saída da empresa nessa produção e não é mais uma das principais empresas do ramo de jogos eletrônicos. Com a perspectiva administrativa precisando ser feita nessa condição de sobrevivência, são necessários atributos de sustentabilidade para expansão e crescimento da empresa, conseguindo-se, assim, o não esgotamento de recursos, orçamentos e investimentos. O personagem Sonic com sua originalidade e caracterizações voltadas para a preservação natural e social contribui para a modernização da empresa, entendendo seus atributos para a geração de dinheiro e trabalho em atividades cooperativas, contrapondo-se a posturas individualistas e unilaterais.

⁷ Refere-se ao indicador financeiro que reflete o resultado final de operações de uma empresa, subtraindo as despesas

Sega's Annual Net Income(Loss) (Japanese Yen in Millions)

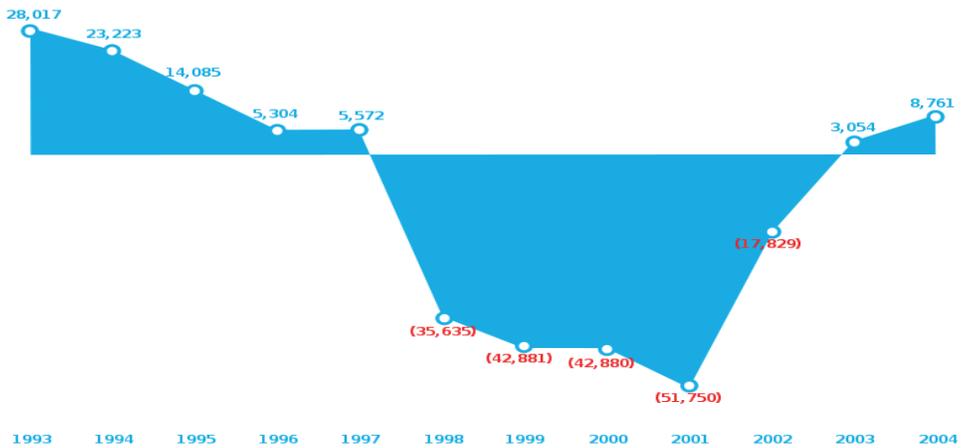


Figura 13 - Lucro líquido da Sega entre 1993 até 2004 na moeda japonesa Yenes, em milhões.

Fonte: Lemes, 2013.

Ocorriam problemas nos jogos no funcionamento da física e fracasso na tentativa de retorno a glórias passadas dos originais nas projeções modernas. A empresa *Sega* se inseriu com planejamento de ambições de mercado maiores de competição com a empresa *Nintendo*, que se manteve mais futuramente em condições de uma das principais do mercado (LEMES, 2013).

Hirokazu Yasuhara, responsável pelo *level design* e estéticas de *Sonic*, deixou a empresa *Sega* em meio a essa decadência no mercado de *videogames*. (SHEFFIELD, 2008), O *game design* alia-se ao conceito de *design* e se caracteriza por ser algo que envolve o processo de lidar com planejamento e visão na criação de objetos, interações e produtos visando e dando atenção às necessidades do usuário (BEKKER, 2022; FERREIRA, 2017). Quando a empresa *Sega* demitiu funcionários de capacidade criativa devido a resultados financeiros gerados a partir de sua administração, começou um processo de modernização com um conceito banalizado. Segundo Batista, Sacilotti, Madureira Junior (2022) “Pode-se considerar que o que aconteceu com a franquia *Sonic* foi uma espécie de distorção, em que cálculos financeiros e visões puramente empresariais de alguma forma interferiram e limitaram a elaboração de ideias para os jogos (p. 48)”.

Massarolo e Alvarenga (2010) em seu artigo “Franquia Transmídia: o Futuro da economia audiovisual nas mídias sociais” na discussão de elaboração de enredos para franquias audiovisuais, relatam em seu trabalho que “Se uma história não se destina a gerar outras histórias, então pode ter sido projetada como um mundo ‘fechado’ e, conseqüentemente, as extensões narrativas podem se revelar artificiais (pag. 6)”. Pode-

se relacionar o histórico gerenciamento de *Sonic* com essa possibilidade de formação de “mundos fechados” em uma franquia e desconsideração pelas construções de *design* e crise de identidade (FERREIRA, 2016). O game *Sonic The Hedgehog* lançado em 1991, original da franquia, se fundamenta basicamente em uma concepção de jogabilidade de interação com o jogador em seu level design: o jogador encontra mais facilidades e recompensas na sua jogabilidade, além de ficar mais seguro em relação a possibilidade de morrer enquanto é feito com um aumento do nível de dificuldade para se manter nesse estado de ganho de recompensas. Também a oposição disso existe: a dificuldade para manter o estado de recompensas e facilidades é diminuída, porém as mesmas aparecem menos, e com isso, também há menor nível de segurança em relação à sobrevivência. Essa interação é envolvida com a capacidade de ganho de velocidade do personagem, que tem seu ganho facilitado quando está no formato de bola, usado para destruir robôs inimigos, com o jogo projetado nesse sentido (STUART, 2017; BEKKER, 2022). A sustentabilidade então dessa formulação seria a sucessão de ideias de adição a formulação do design, com estas sem entrar em contradição com o que foi feito antes, gerando sustentação social. A figura 14 mostra esboços de como Sonic pode interagir com essas questões de velocidade e ganho de recompensas através dos trajetos da fase. A linguagem de programação aborda esses aspectos no jogo, como mostram as figuras 14 e 15, sendo o jogo feito a partir de interações humanas e conjuntos de linguagens.

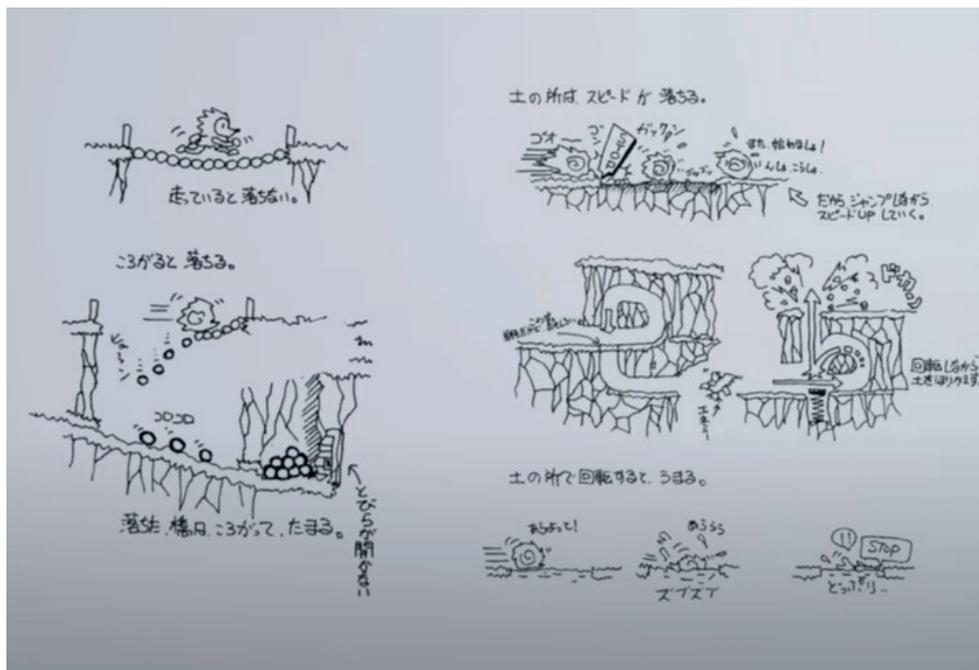


Figura 14 -. Esboços da elaboração do level design de Sonic.

Fonte: Bekker, 2022.



Figura 15 - Fonte: Print Screen de tela do jogo Sonic The Hedgehog (1991), jogo presente em Sonic Origins (2022), jogo . Demonstração do level design de Sonic em sua execução final com programação

Sonic começou basicamente com um enredo de salvação da natureza contra um vilão humanoide chamado Dr. Eggman (também conhecido como Dr. Robotnik), que aprisiona espécie de animais em robôs com alta capacidade de produzir máquinas de controle fabril e com interesse em ter controle sobre as esmeraldas do caos, esmeraldas as quais dariam poder às suas máquinas (BEKKER, 2022; FREITAS, 2020). É possível notar características do desenrolar de Sonic na jornada do herói. Sonic recebe o chamado para salvação da natureza, precisa passar pelo processo de vencer as últimas batalhas do jogo envolvendo de alguma forma a vilania de Dr. Eggman, necessitando da vitória sobre o antagonista. A construção do personagem apresenta características e paradigmas da jornada do herói (GOES, 2022). Então, nota-se que é possível a construção de um personagem de potencial icônico, desempenhando heroísmo com características de salvação e preservação da natureza na forma de animal antropomórfico mostrando a possibilidade da criação de uma cultura humana baseada nesse tipo de preservação, expressando então políticas promotoras de sustentabilidade. Sonic contra a vilania humana de Dr. Eggman em sua manifestação demonstra que avanços, desenvolvimentos e aprimoramento da performance tecnológica ocorrem em um processo de evolução a partir da inclusão da capacidade humana de utilizar habilidade artística e sua necessidade de promover a preservação natural. Na manifestação do personagem, há uma oposição à submissão do trabalho ao controle fabril com produção decorrente do descaso com a preservação da natureza. Dr Eggman apresenta ambições coincidentes com a vanguarda

européia do futurismo, comportando-se de maneira consideravelmente fascista. A figura 16 mostra uma ambientação futurista em Sonic The Hedgehog CD (jogo da franquia presente em Sonic Origins) havendo controle da produção e uso tecnológico a despeito da destruição da natureza, algo que seria intrínseco à ação humana.



Figura 16 - Print Screen de tela de Sonic The Hedgehog CD (1993), jogo presente na coletânea Sonic Origins (2022).

Modernização tecnológica e os (des) caminhos do Sonic

Também na década de 1990, internamente na *Sega*, era planejado o primeiro jogo que usaria a tecnologia de jogabilidade tridimensional modernizando os jogos da franquia, intitulado *Sonic X-Treme* projetado para videogame *Sega Saturn*. Com o sucesso de Sonic e o personagem sendo priorizado, o Instituto Técnico da *Sega* (STI), que era localizado nos Estados Unidos, passou por mudanças, trocando o seu chefe e com a chegada de reforços de funcionários japoneses para desenvolvimento de jogos de *Sonic* (BEKKER, 2018). A função de programador do projeto inicialmente dada a *Ofer Alon*, junto com *Chris Seen*, resultou em um motor ainda limitado para as concepções do projeto. Enquanto isso, *Cristina Coffin*, também programadora, trabalhava com um motor com um funcionamento paralelo ao deles. Não havia definição da melhor engine, e também não havia uma boa capacidade de interação entre designers e programadores. A engine então feita por *Ofer Alon* e *Chris Seen* tinha uma câmera que se movia de trás para frente, porém não girava. Ao mesmo tempo, *Hirokazu Yasuhara* produzia conceitos impossíveis de realizar com esse motor. O jogo então se encontrou em um estado de impossibilidade de progresso devido à desorganização interna causada pela divisão do trabalho (LEMES, 2018).

A equipe então passaria pelo momento mais duro quando o administrador da *Sega* teria conseguido um motor ideal para desenvolvimento já existente em outro projeto já lançado da *Sega* (da franquia *NiGHTS*) e ele seria adaptado para o projeto. Porém, o mesmo era de propriedade de *Yuji Naka*, e aparentemente conseguiu sem permissão. *Yuji Naka* quando soube disso, desautorizou o uso e ameaçou deixar a empresa caso ele continuasse sendo usado. Embora essa história seja contada de diferentes maneiras, é confirmado o interesse e uso impossibilitado e não acontecido do motor de *NiGHTS* pela equipe. As promoções empresariais se mostraram com resultados mostrando que os privilégios prejudicaram a capacidade de desenvolvimento. Curiosamente *Yuji Naka* também foi considerado como principal criador do jogo *NiGHTS* pela *Sega*. Segundo Lemes (2018), nessa situação, a política, ambição exagerada, falta de experiência, comunicação ruim, decisão de mercado ruins culminaram no cancelamento do jogo pela *Sega*.

Quando a equipe finalmente estava perto do fim de um desenvolvimento do motor do jogo, a *Sega* interrompeu e cancelou o projeto, alegando dificuldade nas questões de financiamento. O time ainda com o código, propôs um lançamento para outra plataforma de *hardware* não pertencente a *Sega*, os computadores pessoais, com vendas já populares na época (BATISTA, SACILOTTI, MADUREIRA JR., 2017) com o motor pronto para a produção. Mas foram novamente vetados. O projeto ficaria pronto em no mínimo seis meses depois e isso não estava colaborando com o planejamento estratégico de venda em lançar o jogo no natal.

Quanto ao *Sonic X-Treme*, há registros de que *Cristina Coffin* contraiu pneumonia com adição de estresse durante o desenvolvimento e *Chris Seen* também ficou adoentado devido ao trabalho, com os mesmos parâmetros, com médicos dizendo que se ele continuasse trabalhando no projeto, morreria em seis meses. O projeto tinha turnos de 20 horas de trabalho por dia, *Cristina Coffin* praticamente se mudou para a empresa para trabalhar no projeto.

O substituto do projeto cancelado *Sonic X-Treme* foi uma versão atualizada de um jogo chamado *Sonic 3D Blast*, que usa modelagem de imagem em 3D, ele já havia sido lançado para um *hardware* de uma geração anterior pela empresa *Sega*, o citado *Mega Drive*, fazendo uma espécie de remendo (LEMES, 2018). O jogo *Sonic 3D Blast* em 2017 recebeu uma atualização chamada *Sonic 3D Blast: Director's Cut* não oficial por parte da empresa, mas feita pelo programador chefe do projeto original e distribuída gratuitamente, sem as pressões empresariais na época. O jogo foi improvisado e teve inclusão de objetos que foram impossibilitados de serem adicionados no lançamento na década de 1990 (MONTEIRO, 2018), evidenciando que administração empresarial estava desvinculando a capacidade desenvolvedora do ganho financeiro.

Após essa situação do então *Sonic X-Treme* cancelado, poucos anos depois, o processo de falsa modernização da franquia se abriria como forma de justificar as desigualdades entre os funcionários da *Sega* e também realizando uma disfarçada e

falsa administração da situação financeira e modernização empresarial. A empresa até 2023 se encontra na necessidade de cancelar projetos devido a situações administrativas, como a do jogo de tiro *Hyenas*, proporcionando prejuízos financeiros e demissões de desenvolvedores (VIEIRA, 2023; GUGELMIN, 2023).

Em busca de modernização, a Sega desencadeou um processo que se baseia em excessivo e desnecessário gasto de recursos, desperdício de produção e desgaste da natureza. Isso levou a um trabalho com muitos recursos mas sem habilidade para utilizá-los, inconsequente em relação aos danos naturais e aos funcionários. Disso decorreu atraso na habilidade de interação com o público e desenvolvimento da criatividade. Por tudo isso a Sega ficou dependente do que considerou como atrasado e “clássico”, tendo dificuldades em retomar sua plenitude social e financeira.

Recentemente mais de 200 funcionários de diversos departamentos da Sega formaram um sindicato, o maior já registrado na indústria de jogos até 2023. O grupo alegou ter a pretensão de sentar e conversar com os executivos para debater sobre melhores condições de trabalho e melhorias em suas carreiras. Funcionários perceberam que seus pagamentos eram menores do que a média comum dentro do mercado, além de não encontrarem um método para promoções, além de problemas com seus benefícios. A Sega não reconheceu a união dos funcionários voluntariamente em um sindicato, e ainda não se pronunciou sobre o alcance desses funcionários (CORUMBA, 2023). A *Sega* foi acusada pelo grupo de ameaçar demitir os funcionários participantes do sindicato (CURY, 2023; ARBULU, 2023), mostrando que ela então não se encontra modernizada e sustentável como empresa (ZAMBARDA, 2024), como mostram as problematizações discutidas da franquia Sonic.

Uma análise na perspectiva da realidade aumentada em Pokemon Go e em Sonic The Hedgehog. O que é mesmo modernização tecnológica?

Na questão de costumes que por exemplo as franquias de jogos eletrônicos mostram, observa-se o sucesso inicial de *Pokémon Go*, em que criaturas deveriam ser capturadas virtualmente via localização de GPS. Para esse feito era necessário jogar andando fisicamente na realidade, usando o conceito de realidade aumentada. Disso decorre um aumento notável do interesse na aplicação de tecnologias emergentes no âmbito da Arquitetura, Engenharia e Construção (MARTINS, 2014; OMAR e NEHDI, 2016).

O *Building Information Modeling* (BIM) emerge como uma das tecnologias mais promissoras na indústria de engenharia e construção. Essa tecnologia possibilita a construção digital de edifícios, criando um modelo computacional que oferece suporte informativo em várias fases do projeto, abrangendo desde o fornecimento de insumos até a fabricação de componentes pré-fabricados, manutenção e análise do ciclo de vida (EASTMAN; TEICHOLZ; SACKS, 2011). O BIM é a combinação de políticas, procedimentos e tecnologias que viabilizam a geração de modelos digitais contendo informações abrangentes sobre todo o ciclo de vida de uma edificação (PENTTILÄ, 2006).

No âmbito do monitoramento de obras, a coleta de dados e sua documentação é um processo dispendioso, repetitivo e propenso a erros, com detecção de problemas frequentemente feitos manualmente. Ao integrar-se o *Building Information Modeling* (que significa modelagem de informação de construção) com a realidade aumentada, permite-se a coleta de informações em tempo real. Isso envolve a modelagem de projetos 3D, simulação de cronograma, aplicação de realidade aumentada e coleta de dados no banco de dados. A comparação entre modelos virtuais e construídos permite identificar erros e atualizar as *-built*. Apesar de algumas limitações técnicas, o modelo de coleta de dados com a combinação dessas duas ferramentas demonstrou-se viável econômica e tecnicamente (VILELA, 2019).

Em um outro estudo de realidade aumentada, aplicada por meio do *Augin*, o mesmo demonstrou ser uma tecnologia eficaz na compreensão e implementação de projetos de sistemas hidrossanitários na construção civil. Os resultados obtidos com essa abordagem foram altamente precisos, com uma margem de erro de apenas meio centímetro. Os instaladores, quando entrevistados, avaliaram o uso dessa tecnologia como excelente, pois ela permite a projeção de modelos 3D diretamente no local da construção, em escala real de um por um. Além disso, essa abordagem mostrou-se satisfatória em diferentes padrões de qualidade, tornando-a uma opção universalmente aplicável na construção civil (ENDRES, BRIÃO, FERNANDES, 2021).

É comum que haja confusões ao se discutir as diferenças entre realidade virtual e realidade aumentada. Para esclarecer, a realidade virtual implica a imersão do usuário em um ambiente digital. Por outro lado, a realidade aumentada propõe exatamente o oposto, expandindo o ambiente digital para o mundo real (PESSOA, 2023). A implementação plena dessas tecnologias demonstra com o uso do design e arte ligado a sustentabilidade ambiental, pois atualmente se encontram com dificuldades de implementação social, como na sua acessibilidade na indústria do entretenimento (CAPELAS, 2022).

O jogo *Pokémon Go* fez um grande sucesso inicial e reuniu comunidades de pessoas em alguns pontos do mundo. Porém, problemas sociais como problemas com os servidores pelo excesso de usuários, acidentes de trânsito e assaltos começaram a aparecer (SOBRAL, 2021; GUILHERME, 2016; COLLETI, 2017; JONES, 2017). O sucesso superficial de *Pokémon Go* mostra as dificuldades humanas de se viver de maneira cooperativa.

Pokémon Go tem a perspectiva de se jogar como um caçador de Pokémons, capturando criaturas na forma de animais antropomórficos e eles raramente são liberados de dentro da Pokebola (Bola dispositiva onde são armazenados), muitas vezes apenas para serem liberados para enfrentar Pokémons de outro caçador (IKEDA, 2021; COSTA, 2015). Essa competição se refletiu na queda do sucesso e dificuldades na efetiva implementação do próprio jogo *Pokémon Go*.

Pokémon Go reflete a metodologia de caças no modo de convívio, devido ainda a se relacionar com a natureza dessa forma, não conseguindo sustentar seu sucesso pois se baseia na insustentabilidade. Nota-se que o necessário para a plenitude da existência de uma interação digital com as dimensões da realidade acontece com uma transformação da atividade humana mediante a preservação natural. A realidade aumentada aplicada ao *Sonic The Hedgehog* não poderia seguir, efetivamente, essa lógica de caça e caçador. A proposta do personagem *Sonic* se refere à necessidade humana de preservação natural e de convívio cooperativo e trabalho coletivo.

No que diz a respeito de *Sonic*, originalmente um jogo que aborda o equilíbrio da capacidade da inteligência humana com a preservação da natureza (HENRIQUE, 2019), esse sofreu com desconstruções após seu processo de “modernização” empresarial, desvinculando arte e design da sustentabilidade ambiental, ainda que resgatada nos projetos *Sonic Mania*, *Sonic Origins* e *Sonic Superstars*. Essas experiências foram resultado de interferências externas à empresa Sega.

Nota-se que na indústria de jogos o mercado limita as possibilidades de liberdade social e criativa e as coloca em um nível empobrecido de negação dessas características. Defende-se nos limites desse estudo que a modernização tecnológica também se associa ao trabalho cooperativo e colaborativo atravessados pela arte e o design ligados à então mencionada preservação da natureza e outras dimensões da sustentabilidade.

CONCLUSÃO

O presente estudo se originou de preocupações teóricas e técnicas relacionadas aos processos de modernização social e seus atributos históricos observando a modernização tecnológica que considera os desafios da sustentabilidade.

A partir de estudos bibliográficos para responder perguntas de como se obtém a modernização, percebe-se que as modernizações tecnológicas, no âmbito dos jogos eletrônicos, relacionam-se com elaborações artísticas e de design, pondo em movimento conceitos e práticas que auxiliam na sustentabilidade ambiental e social.

Sob a perspectiva da relação do ser humano com a natureza, a arte e o design em diferentes contextos históricos contribuíram com o desenvolvimento técnico mesmo que esse desenvolvimento tenha sido subsumido no capitalismo à produção de mais valia.

O design enquanto área do conhecimento e da produção de mercadorias se consolida com o advento da reprodutibilidade técnica da arte em larga escala e com o desenvolvimento industrial naturalizado como progresso.

Os modos de convívio da humanidade sempre geraram decadências e desgaste dos sistemas adotados, necessitando da formulação de outros que englobam as consequências históricas na formulação de outras possibilidades. O comportamento de disputa e decadência foi apenas sendo fragmentado e transposto a outros sistemas que englobam os anteriores com a esperança de permanência de poder, com relações que visam um

certo esquecimento e exclusão das atividades que se fundamentam em trabalho manual e artístico na perspectiva de modernização, criando relações predatórias com a sempre presente natureza. Visamos demonstrar como os modos de convívio historicamente se fundamentaram na insustentabilidade, mesmo com perspectivas e épocas com diferentes concepções, produções e usos da tecnologia.

Os caminhos da sustentabilidade social se relacionam com a ambiental e preservação da natureza, pois esta reflete a essencial vida humana e permite a construção de modernizações tecnológicas, com os seus efetivos significados de transformação.

O estudo demonstrou como a modernização social e tecnológica tem sido desenvolvida unilateralmente com descaso pela natureza, pela exclusão social e pelos processos criativos, o que contribuiu com um simulacro de modernização. Acompanha esse processo a forma indústria e mais recentemente a forma empresa como pressuposto fundamental do desenvolvimento tecnológico e das relações sociais.

Como recorte do estudo, mediante a preocupação com a indústria do entretenimento marcada pelos jogos eletrônicos, promoveu-se a descrição e a análise da trajetória da franquia *Sonic The Hedgehog*, pertencente à empresa Sega. A trajetória que comporta a década de 1990 até os primeiros anos da década de 2020 revela que há avanços e recuos num processo contraditório em busca da inovação e da sustentabilidade. Isso se dá seja pelos processos criativos modificados na construção do personagem Sonic e seus diversos jogos, pela tentativa de multiplicar, conservar ou mesmo apenas manter ganhos financeiros perante um produto cultural complexo e multifacetado que se vê constantemente ameaçado e renovado na busca da superação do que é considerado clássico, antigo e contrário à uma suposta modernização. O texto abordou temas de ordem técnicas e estéticas quanto às questões da sustentabilidade social e ambiental nessa trajetória, verificando inúmeras dificuldades no gerenciamento empresarial que resulta em insustentabilidade do projeto ao longo de suas décadas de existência.

De todo modo, a experiência artística e cultural relacionada ao personagem Sonic e os inúmeros projetos e produtos culturais a ele vinculados mostram a potencialidade criativa de seus desenvolvedores, de seus diferentes públicos e diferentes parceiros ao longo dessa história. É uma história em aberto cujas potencialidades de uma efetiva modernização se vislumbram por meio da realidade aumentada, por meio de reconfigurações da franquia com o seu personagem, com o seu público e com seus colaboradores em novos formatos de trabalho colaborativo e coletivo.

Assim, a análise da indústria do entretenimento de jogos eletrônicos é a especificidade do artigo, sobretudo a franquia *Sonic The Hedgehog* associada à preservação ambiental, administrada então sob a empresa Sega. A análise de políticas empresariais da Sega e dos mencionados criadores do personagem *Sonic* é feita para abordar a discussão de como a arte e design são fundamentais na elaboração de construções e lógicas computacionais e socioculturais, contribuindo para a modernização.

É discutido também como as lógicas de convívio e sociabilidade ainda se baseiam na insustentabilidade e porque isso ocorre, propondo-se reflexões a respeito de mudança de comportamento social e de relação com a natureza afetados por modelos de gerenciamento empresarial. Outros estudos podem aprofundar neste sentido ao se considerar, por exemplo, a experiência mal-sucedida do jogo *Pokemon Go* que, embora tecnologicamente interessante, baseia-se na relação caça-caçador a ser superada ainda entre seres humanos e natureza e entre os próprios seres humanos.

Os estudos do personagem *Sonic* e do entretenimento através de jogos eletrônicos mostraram que o caráter do *design* e da arte precisam de alguma forma estar atrelados à preservação ambiental para que a programação computacional e a criatividade contribuam para a modernização social e tecnológica. É evidente que esse processo contribui para a sustentabilidade empresarial do projeto como um todo. As concorrências, prejuízos e funcionamento predatório num contexto capitalista colabora para que ocorra a banalização do real desenvolvimento de modernização.

Gerenciamentos organizacionais e empresariais sofrem consequências de políticas que desvinculam o *design*, a arte e uma (real) modernização dos princípios da originalidade criativa e preocupação ambiental, limitando as possibilidades e as esperanças de uma sustentabilidade social com aprimoramento dos relacionamentos humanos e das relações dos humanos com a natureza. As promoções empresariais e comercializações feitas de acordo com a capacidade de preservação natural e compreensão da arte e *design* como participantes desse processo, através do uso da inteligência humana, geram tecnicidade, manutenção e ampliação da capacidade criativa.

Esse é um desafio de natureza cultural, ambiental e tecnológica que não deve estar dissociado da implementação de políticas de desenvolvimento empresarial e tecnológico. As experiências humanas mais cooperativas se tornam capazes de gerar organizações e construções sociais modernizadas e modernizadoras num sentido pleno.

AGRADECIMENTOS

Sueli Soares dos Santos Batista e Adão Marques Batista pela ajuda na publicação. Também agradeço a Candida Maria Costa Baptista, professora da disciplina de Trabalho de Graduação na Universidade São Francisco.

REFERÊNCIAS

AIRES, Juliano. Sonic Superstars já disponível em pré-venda para PS4 e PS5 na Amazon. Disponível em: <<https://www.adrenaline.com.br/games/playstation/sonic-superstars-ja-disponivel-em-pre-venda-para-ps4-e-ps5-na-amazon/>> Acesso em 22 de Janeiro de 2024.

ALMEIDA, Ricardo. Literatura Clássica e Moderna. Como Aproveitar as Vantagens de Cada Gênero Literário. Disponível em: <<https://www.bienaldolivrojf.com.br/literatura-classica-e-moderna-como-usufruir-desses-dois-generos-literarios/>>. Acesso em 20 de novembro de 2023.

ALVES, Nathaly. Mímese: a revelação do real na linguagem da arte. Disponível em: <<https://movimentoculturalgaia.wordpress.com/2010/10/25/mimese-a-revelacao-do-real-na-linguagem-da-arte/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

ARBULU, Rafael. Sega é processada por suposta retaliação a trabalhadores sindicalizados. Disponível em: <<https://tecmasters.com.br/sega-processada-sindicato-trabalhista-eua/>> Acesso em 20 de outubro de 2023.

AZEVEDO, Jean. Pré-venda física de Sonic Superstars tem surpresa exclusiva para fãs. Disponível em: <<https://meups.com.br/noticias/pre-venda-fisica-de-sonic-superstars/>> Acesso em 08 de dezembro de 2023.

BATISTA, André Marques; SACIOTTI, Adaní Cusin.; MADUREIRA JR., José Roberto. Hackers e seu desenvolvimento. **Anais do X Simpósio Nacional do ABCiber**. São Paulo, 14 a 16 de Dezembro de 2017. Disponível em: <<https://abciber.org.br/anais-abciber-2017.pdf>>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. Hackers e seu desenvolvimento. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022. *E-book* (105p.) (Collection: Applied computer engineering 3). P&B. ISBN: 978-65-258-0480-4. DOI: 10.22533/at.ed.804222507. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/download-file/5321>. Acesso em: 16 out. 2023.

BARBOSA, Soraya. Quatro games que fracassaram na indústria mundial. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/listas/2021/02/quatro-games-que-fracassaram-na-industria-mundial.ghtml>>. Acesso em 13 nov. 2023.

BEKKER, Jeroen. The Making of Sonic The Hedgehog. Youtube, 23 de setembro de 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=69AOVtOUatY>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. The Making of Sonic The Hedgehog 2. Youtube, 22 de maio de 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fQuDnNO9JsM>>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. The Making of Sonic 3 & Knuckles. Youtube, 7 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Vdvtssb10Q8>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. The Making of Sonic CD. Youtube, 3 de março de 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=yVZR9ecdsAw&t=379s>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. The Making of Sonic The Hedgehog : Inspirations. Youtube, 9 de julho de 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hY740NIQLmA&t=24s>> Acesso em 18 de janeiro de 2023.

BERNHARDT, Eduardo. Sustentabilidade: definição, importância e boas práticas Disponível em: <<https://www.recicloteca.org.br/sustentabilidade-2/sustentabilidade-definicao-importancia-e-boas-praticas/>> Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

BORGES, Dayane. Issac Newton: Quem foi, história, teorias, descobertas, leis e obras. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/isaac-newton-quem-foi/>> Acesso em 20 de novembro de 2023.

BRAGA, Aquila. Sonic The Hedgehog: Archie Comic: Conhecendo o universo das HQs do azulão. Disponível em: <<https://www.geekblast.com.br/2017/03/sonic-the-hedgehog-archie-universo-quadrinhos.html>> Acesso em 31 outubro de 2023.

BRAGA, Claudia M. Melodrama: As estratégias trágicas da emoção da modernidade. **Anais do V encontro ABRACE - Criação e reflexão crítica**. Belo Horizonte, 28 a 31 de outubro de 2008. Disponível em: <<https://www.publionline.iar.unicamp.br/index.php/abrace/article/view/1270>> Acesso em 06 Out. 2023.

BRANCO, Pércio de Moraes. Dinossauros. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Dinossauros-1096.html>> Acesso em 20 de novembro de 2023.

BUBLITZ, Bárbara Grigorieff. Do Antropocentrismo à Ética Animal. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/artigos/do-antropocentrismo-a-etica-animal/437212373>> Acesso em 09 out. 2023.

CANDIDO, Junior. Ex-artista da SEGA fala sobre o turbulento relacionamento com a SEGA Of America sobre Sonic - Arkade. Disponível em: <<https://www.arkade.com.br/ex-artista-da-sega-fala-sobre-o-turbulento-relacionamento-com-a-sega-of-america-sobre-sonic/>> Acesso em 31 out. 2023.

CAPELAS, Bruno. Porque a realidade virtual ainda não é realidade para tanta gente. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/byte/por-que-a-realidade-virtual-ainda-nao-e-realidade-para-tanta-gente,59853bc66fa44f6e2ded1af1e0149cda8y1rx66.html>> Acesso em 15 de novembro de 2023.

CARDOSO, Rafael. Uma introdução a história do design. 3.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

CARTWRIGHT, Mark. Josiah Wedgwood. Disponível em: <https://www.worldhistory.org/Josiah_Wedgwood/> Acesso de 15 de fevereiro de 2024.

CARVALHO, Vanessa. Estilo Neoclássico: descubra sua grandeza. Disponível em: <<https://www.transformesuaCasa.com.br/estilo-neoclassico-descubra-sua-grandeza/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

CASTILHO, A. P. et al. Manual de metodologia científica do ILES Itumbiara/GO. Itumbiara. 2011.

CASTILHO, Denis. Os sentidos da modernização. B.goiano.geogr. Goiânia, v. 30, n. 2, p. 125-140, jul./dez. 2010. Disponível em: <<13802-54838-1-PB.pdf> (ufg.br)>

CASTILHO, Ivan Nikolai Barkow Castilho. Assista todos os episódios de Sonic Mania Adventures em formato de filme; quinto episódio isolado também. Disponível em: <<https://psxbrasil.com.br/assista-a-todos-os-episodios-de-sonic-mania-adventures-em-formato-de-filme-quinto-episodio-isolado-tambem/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

_____. Veloz ou lento? Confira as primeiras notas de Sonic Superstars no Metacritic. Disponível em: <<https://meups.com.br/noticias/primeiras-notas-sonic-superstars-metacritic/>> Acesso em 13 de novembro de 2023.

CHAGAS, B. da R. F. Positivismo e marxismo: o debate sobre a neutralidade científica e a construção do projeto profissional do Serviço Social brasileiro. *Serviço Social em Revista*, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 169–186, 2015. DOI: 10.5433/1679-4842.2015v17n2p169. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/ssrevista/article/view/21954>. Acesso em: 14 mar. 2024.

CHOI, Dan. Yuji Naka confirmed to be leaving Sega to form Proppe. Disponível em: <https://www.engadget.com/2006-05-08-yuji-naka-confirmed-to-be-leaving-sega-to-form-prope.html> Acesso em 31 de outubro de 2023.

COLLETI, Caio. Pokémon Go causou bilhões em prejuízo por causa de acidentes de trânsito, aponta estudo. Disponível em: <https://observatoriodocinema.uol.com.br/games/pokemon-go-causou-bilhoes-em-prejuizo-por-causa-de-acidentes-de-transito-aponta-estudo/> Acesso em 17 de Janeiro de 2024.

CORUMBA, Diego. **Mais de 200 funcionários da Sega formam o maior sindicato na indústria dos games**. Disponível em: <https://gamerview.uai.com.br/noticias/sega-sindicato-200-membros/>. Acesso em 11 de julho de 2023.

COSTA, Guilherme. O que é Pókeon? Disponível em: <https://pokemonnewscenter.com.br/o-que-e-pokemon/> Acesso em 04 de março de 2024.

CRADDOCK, Ryan. Global Sales Data Suggests Balan Wonderworld Has Massively Flopped. Disponível em: https://www.nintendolife.com/news/2021/04/global_sales_data_suggests_balan_wonderworld_has_massively_flopped Acesso em 31 de outubro de 2023.

CURY, Maria Eduarda. Sega of America estaria ameaçando demitir funcionários que buscavam sindicalização, diz site. Disponível em: <https://br.ign.com/sega/116218/news/sega-of-america-estaria-ameacando-demitir-funcionarios-que-buscavam-sindicalizacao-diz-site> Acesso em 17 de novembro de 2023.

D' ANGELO, Willian. PS5 Best-Selling Console in the US in October, Marvel's Spider-Man 2 Debuts in 1st - Sales. Disponível em: <https://www.vgchartz.com/article/459044/us-monthly-october-2023/> Acesso em 17 de novembro de 2023.

DAVID, Eric. The rise and fall of Sonic The Hedgehog. Disponível em: <https://siliconangle.com/2015/02/13/the-rise-and-fall-of-sonic-the-hedgehog/> Acesso em 9 de janeiro de 2023.

DE FUSCO, Renato. História do design. São Paulo, Perspectiva, 2019.

DEOLINDO, Breno. Yuji Naka. conheça mais sobre a carreira do criador de Sonic. Disponível em: <https://www.theenemy.com.br/retro/yuji-naka-conheca-mais-sobre-a-carreira-do-criador-de-sonic> Acesso em 31 de outubro de 2023.

DIAS, Fabiana. Pós-Impressionismo. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/artes/posimpressionismo>. Acesso em 31 de outubro de 2023

DIAS, Leticia. O que é humanismo: história, influências e características. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/o-que-e-humanismo/> Acesso em 09 out. 2023.

DOBSON, Richard. Deluxe Monkeying Around in Super Monkey Ball Banana Mania. Disponível em: <https://www.theboxhub.com/deluxe-monkeying-around-in-super-monkey-ball-banana-mania/> Acesso em 31 de outubro de 2023.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. John Wiley & Sons, Hoboken.

ENDRES, J. P.; BRIÃO, V. B.; CARTANA FERNANDES, V. M. REALIDADE AUMENTADA EM SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS RESIDENCIAIS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 2., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: 10.46421/sispred.v2i.1240. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1240>. Acesso em: 31 out. 2023.

EMEDIATO, A. Carlos. Educação e transformação social. **Análise Social**, vol. XIV (54), 1978-2.º, 207-21. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/e61fb337-a4fc-35da-9eb2-1cf985a5b2dc?read-now=1&seq=9>

EPPS, De' Angelo. Sonic Superstars modernizes a classic formula - hands on gameplay report. Disponível em: <https://blog.playstation.com/2023/06/13/sonic-superstars-modernizes-a-classic-formula-hands-on-gameplay-report/> Acesso em 20 de novembro de 2023.

ERUCHI, Haroldo Coltri; PINHEIRO, Olympio José. **Design versus Artesanato: Identidades e Contrastes**. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design 8 a 11 de outubro de 2008 São Paulo – SP Brasil ISBN 978-85-60186-03-7. Acesso em 19. out. 2023>.

FERREIRA, Thiers. Entenda o que é design e como essa área pode ser útil para sua vida e seu negócio!. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-design/#:~:text=%C3%A9%20um%20processo%20criativo%20para,tamb%C3%A9m%20converte%20%E2%80%93%20e%20muito.>>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

FERREIRA, Victor. Aos 25 anos, série “Sonic The Hedgehog” vive crise de identidade. Disponível em: <https://www.uol.com.br/start/ultimas-noticias/2016/06/23/aos-25-anos-serie-sonic-the-hedgehog-vive-crise-de-identidade.htm> Acesso em 13 de novembro de 2023.

FRADE, Denise; MARCONDES, Gabriela. Tudo o que você precisa saber sobre o processo de tecelagem. Disponível: <https://soudealgodao.com.br/blog/tudo-o-que-voce-queria-saber-sobre-o-processo-de-tecelagem/> Acesso em 06 de março de 2024.

FREITAS, Marcella Alves de. Sonic – Origem, história e curiosidades sobre o velocista dos games. Disponível em: <https://segredosdomundo.r7.com/sonic-historia/> Acesso em 11 de fevereiro de 2023.

GALVÃO, Bruno. **Sonic Mania é o jogo da série com melhor classificação em 15 anos**. Disponível em: <http://www.euogamer.pt/articles/2017-08-17-sonic-mania-e-o-jogo-da-serie-com-melhor-classificacao-em-15-anos>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

GIANOTTI, Raphael. **Sonic Mania 2 não existe, porque a Sega quer se afastar do estilo pixel art**. Disponível em: <https://www.adrenaline.com.br/games/sonic-mania-2-nao-existe-porque-a-sega-quer-se-afastar-do-estilo-pixel-art/>. Acesso em 30 de julho de 2023.

GOES, Bea. Os 12 passos da jornada do herói. Disponível em: <https://narratologia.com.br/os-12-passos-da-jornada-do-heroi/> Acesso em 11 de fevereiro de 2024.

GÓIS, Aléxis Cerqueira. Mega Drive vs. Super Nintendo: qual foi melhor. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/voxel/236597-mega-drive-vs-super-nintendo-melhor.htm#:~:text=Processador&text=A%20CPU%20principal%20do%20Mega,CPU%20de%203%2C58%20MHz.>> Acesso 06 de março de 2024

GRIEBLER, Carlos. O que é franquia? Conheça o modelo de negócio e dicas para investir. Disponível em: <<https://centraldofranqueado.com.br/franchising/o-que-e-franquia/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

GUILHERME, Paulo. Criminosos usam Pokémon Go para encontrar e assaltar nova vítimas nos EUA. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/video-game-e-jogos/107073-criminosos-usam-pokemon-go-encontrar-assaltar-nove-vitimas-eua.htm>> Acesso em 17 de outubro de 2023.

GUIMARÃES, Pedro. História da Arte, o que é? Períodos históricos, modelos sociais e culturais. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/historia-da-arte/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

GUGELMIN, Felipe. Designer de Sonic, Yuji Naka é condenado a prisão e a pagar uma multa milionária no Japão. Disponível em: <<https://www.adrenaline.com.br/games/designer-de-sonic-yuji-naka-e-condenado-a-prisao-e-a-pagar-uma-multa-milionaria-no-japao/#:~:text=Ap%C3%B3s%20admitir%20que%20usou%20informa%C3%A7%C3%B5es,como%20consequ%C3%Aancia%20de%20suas%20a%C3%A7%C3%B5es.>> Acesso em 15 de novembro de 2023.

_____. Treta: criador de Balan Wonderworld acusa Square Enix de prejudicar o game. Disponível em: <<https://www.adrenaline.com.br/games/treta-criador-de-balan-wonderworld-acusa-square-enix-de-prejudicar-o-game/>> Acesso em 08 de dezembro de 2023. Acesso em 08 de dezembro de 2023.

_____. Desenvolvedores de Hyenas se revoltam com demissões promovidas pela Sega. Disponível em: <<https://www.adrenaline.com.br/noticias/desenvolvedores-de-hyenas-se-revoltam-com-demissoes-promovidas-pela-sega/>> Acesso em 19 de novembro de 2023.

HAUSER, Arnold. *História social da literatura e da arte*. São Paulo, Martins Fontes, 2000.

HENRIQUE, Rafael. Sonic e o futuro sustentável. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/historia-da-arte/>>.. Acesso em 03. out. 2023.

HOROWITZ, Ken. Sega Stars: Naoto Oshima. Disponível em: <<https://www.sega-16.com/2012/01/sega-stars-naoto-oshima/>> Acesso em 08 de dezembro de 2023.

IKEDA, Augusto. Mundo Pokémon: o que é, sua história e como funciona. Disponível em: <<https://www.einerd.com.br/mundo-pokemon-o-que-e/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

IMBROISI, Margaret; MARTINS, Simone. Neoclássico. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-18/neoclassico/>>. Acesso em 31 Aug 2023.

_____. Arte Egípcia. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-na-antiguidade/arte-egipcia/>>. Acesso em 06 Sep 2023.

_____. Arte Pré-Histórica. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-na-antiguidade/pre-historia/>>. Acesso em 06 Sep 2023.

_____. Arte Grega. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-na-antiguidade/arte-grega/>>. Acesso em 06 Oct 2023.

_____. Surrealismo. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-20/surrealismo/>>. Acesso em 11 Oct 2023.

_____. Dadaísmo. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-20/dadaismo/>>. Acesso em 11 Oct 2023.

_____. Futurismo. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-20/futurismo/>>. Acesso em 11 Oct 2023.

_____. Fovismo. História das Artes, 2023. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-20/fovismo/>>. Acesso em 12 Oct 2023.

JONES, Rhett. Estudo estima que Pokémon Go colaborou com mais de 100 mil acidentes de trânsito. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/pokemon-go-acidentes-transito/#:~:text=Jogos-,Estudo%20estima%20que%20Pok%C3%A9mon%20GO%20colaborou%20com%20mais%20de%20100,bem%20maior%20do%20que%20imagin%C3%A1vamos.>> Acesso em 17 de janeiro de 2024.

KARAS, Eduardo. Saturn, 20 anos: a história do console que custou US\$ 1 bilhão a Sega. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/voxel/especiais/182158-saturn-20-anos-a-historia-do-console-que-custou-us-1-bilhao-a-sega.htm>> Acesso em 13 nov. 2023

KUHNKE, Oisin. Balan Wonderworld studio Arzest is the lead developer on Sonic Superstars. Disponível em: <<https://www.vg247.com/sonic-superstars-developed-arzest-balan-wonderworld>> Acesso em 03 nov. 2023.

LEMES, Daniel. A triste saga de Sonic X-Treme. Disponível em: <<https://www.memoriabit.com.br/a-triste-saga-de-sonic-x-treme/>>. Acesso em 13 nov. 2023.

_____. A história do Mega Drive - Introdução. Disponível em: <<https://www.memoriabit.com.br/historia-mega-drive-sega-cd-32x/>> Acesso: 13 nov. 2023.

_____. Passado e presente: Nintendo estaria repetindo os passos da Sega?. Disponível em: <<https://www.memoriabit.com.br/passado-e-presente-nintendo-esta-repetindo-os-passos-da-sega/>> Acesso em 18 de novembro de 2023.

MAHMOUD, Mustafa. Sonic Superstars includes classic physics and momentum. Disponível em: <<https://www.kitguru.net/gaming/mustafa-mahmoud/sonic-superstars-includes-classic-physics-and-momentum/>> Acesso em 03 nov. 2023.

MARTINS, F., M., M. Novas utilizações das potencialidades BIM – produção de informação as-built e apoio à medição de trabalhos realizados com recurso a Realidade Aumentada. Dissertação - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2014

MASSAROLO, João Carlos, and Marcus Vinícius Tavares ALVARENGA. “Franquia Transmídia: O futuro da economia audiovisual nas mídias sociais.” *INTERCOM-Congresso Brasileiro de Comunicação. Anais do Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. São Paulo: Intercom. Vol. 1. 2010.*

MEDEIROS, Alexandre M. Iluminismo. Disponível em: <<https://www.sabedoripolitica.com.br/filosofia-politica/filosofia-moderna/iluminismo/>>. Acesso em 10 out. 2023.

MILLÁN, Alberto. Sonic y Tails se unen a Ai ai en este nuevo y genial arte oficial de Super Monkey Ball Banana Mania. Disponível em: <<https://www.nintenderos.com/2021/08/sonic-y-tails-se-unen-a-ai-ai-en-este-nuevo-y-genial-arte-oficial-de-super-monkey-ball-banana-mania/>> Acesso em 25 de fevereiro de 2024.

MONTEIRO, Rafael. Sonic 3D do Mega Drive ganha nova versão após 20 anos: veja como jogar. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2018/02/sonic-3d-do-mega-drive-ganha-nova-versao-apos-20-anos-veja-como-jogar.ghtml>>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

MOURA, Catarina. **O design do design**. SOPCOM: Associação Portuguesa de Ciências da Comunicação, p. 73-81, 2005. Disponível em: <<https://proa.ua.pt/index.php/sopcom/article/view/15721/10959>> Acesso em 19 out. 2023.

NORMAN, Jim. Uk Charts: Mario Wonder and Sonic Superstars Start Strong, but Neither Can Out-Swing Spidey. Acesso em 13 out. 2023.

OMAR, Tarek; NEHDI, Moncef L. Data acquisition technologies for construction progress tracking. **Automation in Construction**, v. 70, p. 143-155, 2016.

OLIVEIRA, Jones. A História dos Videogames #21: A Sega insiste em antigos erros com o Saturn. Disponível em: <<https://www.nintendoblast.com.br/2011/03/historia-dos-video-games-21-sega.html>> Acesso em 12 nov. 2023.

PAIVA, Eduardo. Capa da versão física de Sonic Origins Plus são reveladas pela SEGA. Disponível em: <<https://jogoveio.com.br/capas-da-versao-fisica-de-sonic-origins-plus-sao-reveladas-pela-sega/>> Acesso em 21 de outubro de 2023.

PAIVA, Wilson Alves de. A formação do homem no *Emílio* de Rousseau. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.33, n.2, p. 323-333, maio/ago. 2007. Disponível em: <EP v.33n.2-07(6).p65 (scielo.br)>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

PARÁBOA, Vinícius. Dos mesmos criadores de Sonic, Balan Wonderland chega em 26 de março de 2021. Disponível em: <<https://meups.com.br/noticias/balan-wonderworld-recebe-data-26-marco-2021/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

PARIJAT, Shubhanker. Metroid Dread is the fastest selling Metroid game in the UK to date. Disponível em: <<https://gamingbolt.com/metroid-dread-is-the-fastest-selling-metroid-game-in-the-uk-to-date>> Acesso em 16 de novembro de 2023.

PENILHAS, Bruna. Sonic Mania Plus chega em julho para consoles e PC. Disponível em: <<https://br.ign.com/sonic-mania/61283/news/sonic-mania-plus-chega-em-julho-para-consoles-e-pc>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 11, n. 29, p. 395-408, 2006.

PERANI, Leticia. Jogando para comunicar, comunicando para jogar: por um lugar dos games nas Ciências da Comunicação e da Cibercultura. **Anais do VIII Simpósio Nacional do ABCiber**. São Paulo, 3 a 5 de dezembro de 2014. Disponível em: <https://www.abciber.org.br/simposio2014/anais/GTs/leticia_perani_soares_39.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.

PESSOA, Breno. Qual a diferença entre realidade aumentada e realidade virtual?. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2023/06/09/reviews/qual-e-a-diferenca-entre-realidade-aumentada-e-realidade-virtual/>> Acesso em 15 de novembro de 2023.

PETRÓ, Gustavo. 'Sonic Superstars' marca bom retorno ao estilo de jogo clássico; g1 jogou. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pop-arte/games/noticia/2023/10/23/sonic-superstars-marca-bom-retorno-do-ourico-ao-estilo-de-jogo-classico-g1-jogou.ghtml>> Acesso em 17 de janeiro de 2023.

_____. Sonic, herói do Mega Drive, completa 20 anos vivendo à sombra de Mario. Disponível em: <<https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/06/sonic-heroi-do-mega-drive-completa-20-anos-vivendo-sombra-de-mario.html>> Acesso em 18 de janeiro de 2024.

PUIATI, Julio. **História da Sega: a evolução de uma gigante dos videogames**. Disponível em: <<https://artcetera.art/web-stories/livros-de-dance-music/>>. Acesso em 16 out. 2023.

RAMOS, Diogo. Ensaio sobre o idealismo hegeliano. **Revista PERI**, v. 02, n. 02, 2010, p. 66 - 74. Acesso em 11 out. 2023.

RIBEIRO, Antonio. Yuji Naka, co-criador de Sonic, tem sentença de prisão suspensa pela justiça japonesa. Disponível em: <<https://www.gameblast.com.br/2023/07/yuji-naka-tem-sentenca-prisao-suspensa-pela-justica-japonesa.html>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

SABOYA, Maria Clara Lopes. Pitágoras: Todas as coisas são números. Educação, Gestão e Sociedade: **revista da Faculdade Eça de Queirós**, ISSN 2179-9636, Ano 5, número 19, agosto de 2015. Acesso em 09 out. 2023.

SENA, Ailton. História da Música. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/artes/historia-da-musica>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

Sega, Sonic Superstars I Announcement Trailer. Youtube, 12 de junho de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nhE0Z4n6L1c>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2024

Sega, Super Monkey Ball Banana Mania I Launch Trailer, 5 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VR-TD0UUKO4>. Acesso em 27 de fevereiro de 2024.

SHEFFIELD, Brandon. Game Design Psychology: The Full Hirokazu Yasuhara Interview. Disponível em ; <<https://www.gamedeveloper.com/design/game-design-psychology-the-full-hirokazu-yasuhara-interview#close-modal>> Acesso em 08 de dezembro de 2023.

SOBRAL, Pedro. Os cinco anos de Pokémon GO (Mobile). Disponível em: <<https://www.nintendoblast.com.br/2021/07/cinco-anos-pokemon-go-mobile.html>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

SOUZA, D. C. de. O POSITIVISMO DE AUGUSTE COMTE E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO CENÁRIO BRASILEIRO. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 29-42, 2020. DOI: 10.26571/reamec.v8i1.9493. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9493>. Acesso em: 11 out. 2023.

SPARKES, Lee. Sega Superstars: Hirokazu Yasuhara. Disponível em: <<https://www.seganerds.com/2013/08/19/sega-superstars-hirokazu-yasuhara/>> Acesso em 08 de out. de 2023.

STANTON, Rich. Sonic Origins Co-Developer is 'very unhappy' about the state of it. Disponível em: <<https://www.pcgamer.com/sonic-origins-co-developer-is-very-unhappy-about-the-state-of-it/>> Acesso em 31 de outubro de 2023.

STUART, Keith. Why Sonic The Hedgehog is 'incorrect' game design. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2017/jul/27/why-sonic-the-hedgehog-incorrect-game-design>> Acesso em 11 de fevereiro de 2024.

TOLEDO, Geraldo Luciano e PROENÇA, Cristina. **Fatores críticos de sucesso da franquia: uma análise sob a óptica de ex-franqueados no município de São Paulo.** Caderno de Pesquisas em Administração, v. 12, n. ja/mar. 2005, p. 43-53, 2005 Tradução . . Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/6fe02aec-1501-416f-818f-8fb15e333928/1446527.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2023.

VIEIRA, Gabriel. Hyenas é cancelado pela Sega. Disponível em: <<https://www.centralxbox.com.br/2023/09/28/hyenas-e-cancelado-pela-sega/>> Acesso em 16 de novembro de 2023.

Vilela, Cesar Augusto da Cunha. Integração da realidade aumentada ao modelo bim 4d para monitoramento e controle da obra. 2019. 155 fl. Dissertação(Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Engenharia de Produção e Sistemas) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

ZAMBARDA, Pedro. Sindicato tenta evitar mais demissões em massa dentro da SEGA. Disponível em: <<https://dropsdejogos.uai.com.br/noticias/industria/aegis-cwa-sindicato-sega/>>. Acesso de 26 de fevereiro de 2024.

A ATUAÇÃO DE GOVERNOS SUBNACIONAIS NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE INTEGRAÇÃO REGIONAL

Data de aceite: 03/06/2024

Adriano de Aguiar Ribeiro

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Pará (UFPA); MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV); e pós-graduando em Gestão Orçamentária e Financeira pela Estácio-FAP

RESUMO: O ensaio estuda as consequências do surgimento de governos subnacionais frente aos processos de inserção e integração internacional, procurando compreender o modo como um governo subnacional e a cooperação internacional podem contribuir na solução de problemas que extrapolam os limites territoriais dos Estados. No entanto, essa estratégia ainda esbarra em aspectos de soberania e federalismo, que limitam a atuação desses novos atores subnacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Governo subnacional – Soberania – Integração regional – Federalismo – Cooperação internacional.

ABSTRACT: The work studies the consequences of the emergence of subnational governments in ahead of international insertion and integration

processes, seeking to understand how a subnational government and international cooperation can contribute in solving problems that go beyond the territorial limits of States. However, this strategy still collides with aspects of sovereignty and federalism, which limit the performance of these new subnational actors.

KEYWORDS: Subnational government – Sovereignty – Regional integration – Federalism – International cooperation

NOTAS INTRODUTÓRIAS

O tema se refere à administração pública estratégica de governos subnacionais frente aos processos de inserção e integração internacional procurando compreender o modo como um governo subnacional¹ reage aos efeitos da nova realidade internacional. Compreendemos que, diante do cenário internacional da atualidade, os governos subnacionais passaram a ter uma maior relevância no campo das relações internacionais; por exemplo, a União

¹ O termo *governo subnacional* é utilizada neste no sentido de segmentação funcional do governo, caracterizado pelas relações exteriores com suas atividades internacionais. O conceito tem respaldo nas lições de Soldatos (1990).

Europeia e o Mercosul. Ao mesmo tempo em que não se pode violar a definição de Estado-nação, já que ele ainda permanece como ator central das relações internacionais, mantendo sua soberania.

Trata-se de temática atual e relevante para a sociedade brasileira, uma vez que questões relacionadas à governança, aspectos ambientais e sociais são cada vez mais discutidos, bem como devem ser exercidos coletivamente.

A integração na América Latina, com foco especial na constituição do Mercosul, ganha relevância na medida em que os países passam por um profundo processo de interdependência, dada a globalização da economia, no qual a cooperação constitui a base para a solução de problemas que extrapolam os limites territoriais de cada Estado. O processo de globalização, oriundo dessa interdependência dos Estados, faz surgir novos atores nas relações internacionais, entre eles, os governos subnacionais. Assim, essa integração também abre espaço para a atuação de atores que passam a cooperar na busca de soluções para problemas locais, ou mesmo na prestação de serviços à sociedade que antes ficavam restritos à esfera de competência exclusiva dos governos centrais e eram tratadas isoladamente.

No Brasil, este novo ator subnacional se depara com a então tendência que configura e normatiza a autonomia do sistema de entes da Federação. Observaremos como o federalismo atua, diante da emergência de novas instâncias do poder público no país, são capazes de instituir modernos padrões de intervenção, planejamento, orientação descentralizadora, resgatando as dimensões sociais do desenvolvimento no Estado, fortalecendo seu objetivo de prestar serviços à população e incorporando tarefas que beneficiam o sistema federativo.

O presente artigo visa analisar a definição de um Estado subnacional como um meio para que o sistema como um todo alcance suas finalidades, de forma eficiente, econômica e socialmente viável. Ao mesmo tempo, busca-se entender como este novo ator subnacional pode se contrapor a uma tendência centralizadora que restrinja a autonomia do sistema de entes da federação.

Esta pesquisa possui como referencial teórico principal Armando Gallo Yahn Filho, Jacques Marcovitch (2014), Claudino Luiz Menezes (1996), Marcel Merle (1988), Miguel Santos Neves (2010), Tathiane Piscitelli (2012), Neusa Pressler (2014), Rafael Reis (2012), Thomas Risse (2002), Mónica Salomón (2005, 2007), Panayotis Soldatos (1990), Tullo Vigevani (2006), dentre outros.

A abordagem metodológica da pesquisa utilizou o método dedutivo, realizando-se pesquisa do tipo qualitativa por meio de fontes do tipo bibliográfica e documental, com coleta de dados em livros, periódicos e textos científicos.

O ESTADO SUBNACIONAL

Nas Relações Internacionais, a definição que costumamos encontrar entre atores estatais e atores não estatais não se enquadra perfeitamente com nosso objetivo de caracterizar os governos subnacionais e sua atuação como atores internacionais, uma vez que, ao falarmos em atores estatais, nos deparamos com a ação externa dos governos centrais e não a dos governos regionais e locais. É válido frisar que não se pode afirmar também que os governos subnacionais sejam atores não estatais.

O que tradicionalmente as associações e redes de autoridades locais buscam é que lhes seja permitido ocupar um espaço na tomada de decisões nos foros supranacionais e globais, com o argumento de que os governos locais e regionais também são o Estado (SALOMÓN; SÁNCHEZ-CANO, 2005). Assim como a definição de atores transnacionais, utilizado para descrever as atividades de Organizações Não Governamentais (ONG) e empresas multinacionais (MERLE, 1988; RISSE, 2002), enquadra-se bem aos governos subnacionais, mesmos que em organismo como a Organização das Nações Unidas (ONU), o tratamento que de fato recebem como equiparável ao que se confere às ONG (SALOMÓN, 2005, p. 81).

O mais próximo que conseguimos identificar de definições para nosso objetivo está em Soldatos (1990), que estabeleceu uma fronteira clara entre a segmentação funcional e a segmentação territorial da política externa. O que nos permite caracterizar, pelo menos conceitualmente, as relações exteriores dos diferentes procedimentos que formam o governo central ante as atividades internacionais dos governos subnacionais, responsáveis por um território e uma população, que são os suscetíveis a receber os efeitos de atividades paradiplomáticas².

De acordo com o que dizem Salomón e Nunes (2007), exatamente por governar um território e uma sociedade, os governos subnacionais apresentam semelhanças importantes, tanto em sua estrutura interna como em seu relacionamento externo, com os governos centrais. Ao mesmo tempo, eles também apresentam diferenças. Em se tratando de suas relações internacionais, observamos que fica claro que governos subnacionais não podem ter uma política externa no sentido de alta política, o que não significa também que estejam impedidos de executar alguma ação externa aliada a alguma polícia do governo central.

Partindo do que se detecta de semelhanças e diferenças entre os governos subnacionais e governos centrais e o que cada um representa em termos das relações internacionais, Salomón e Nunes (2007) destacam a convergência de alguns autores que consideram tais governos como “atores mistos”, condicionados e, ao mesmo tempo, livre dos limites da soberania do governo central. Salomón e Nunes destacam também a distinção que as limitações e as responsabilidades da soberania podem representar para a ação exterior dos atores internacionais. Assim, os atores condicionados pela soberania

2 Para aprofundar mais sobre o tema da paradiplomacia brasileira, recomendamos a leitura do volume 21, número 62 da *Revista Brasileira de Ciências Sociais* (2006).

dos governos centrais são obrigados por suas responsabilidades a prestar atenção às múltiplas questões da agenda global, por exemplo, as questões ambientais, ações de política externa e a distribuição seus recursos, enquanto os atores livres de soberania, com responsabilidades menos dispersas, têm liberdade para buscar objetivos mais limitados e concretos na busca de soluções para problemas locais, ou mesmo para a prestação de serviço à sociedade, que antes ficavam restritos aos governos centrais que as tratavam de forma isolada. Podemos considerar, portanto, os governos locais e regionais como atores complexos que exercem papéis que, em determinadas circunstâncias, são livres e, em outras, são condicionados às restrições de soberania, compartilhando ações e políticas com os demais níveis de governo ao qual pertencem e conjugam objetivos únicos.

Por meio da análise do material referenciado conseguimos entender os estados subnacionais como uma organização formal com limites territoriais, população, cultura, problemas e funções definidas. Portanto, como um conjunto de elementos interdependentes, que integram e fazem a alocação de valores em uma dada sociedade.

LIMITAÇÕES LEGAIS

No Brasil, observamos uma dificuldade conceitual que se apresenta àqueles que discutem o tema da participação dos governos subnacionais na política internacional se referindo à forma de interpretar o regramento jurídico sem infringir os limites constitucionais, levando em consideração que a Constituição Federal de 1988 estabelece o Federalismo como forma de Estado, incluído dentre as cláusulas pétreas. Vejamos:

Art. 1º A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos:

I – a soberania;

II – a cidadania;

III – a dignidade da pessoa humana;

IV – os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa;

V – o pluralismo político.

[...]

CAPÍTULO III DOS ESTADOS FEDERADOS

Art. 25. Os Estados organizam-se e regem-se pelas Constituições e leis que adotarem, observados os princípios desta Constituição.

§ 1º – São reservadas aos Estados as competências que não lhes sejam vedadas por esta Constituição.

[...]

Art. 60. A Constituição poderá ser emendada mediante proposta:

[...]

§ 4º – Não será objeto de deliberação a proposta de emenda tendente a abolir:

I – a forma federativa de Estado. (BRASIL, 2016)

Com relação ao artigo 1º, é importante observarmos que o Brasil adota como forma de Estado o federalismo, tendo como pilar principal a autonomia político-administrativa dos entes que compõem a Federação mediante a descentralização de competências a entes que passam a gozar de autonomia legislativa, executiva e judiciária.

Ao verificarmos a Constituição Federal de 1988, observamos no art. 22º observamos, mais uma vez, a configuração da centralização do poder no aspecto da normatização do comércio exterior. Vejamos:

Art. 22. Compete privativamente à União legislar sobre:

I – direito civil, comercial, penal, processual, eleitoral, agrário, marítimo, aeronáutico, espacial e do trabalho;

[...]

VI – sistema monetário e de medidas, títulos e garantias dos metais;

VII – política de crédito, câmbio, seguros e transferência de valores;

VIII – comércio exterior e interestadual;

[...]

Art. 52. Compete privativamente ao Senado Federal:

[...]

VII – dispor sobre limites globais e condições para as operações de crédito externo e interno da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, de suas autarquias e demais entidades controladas pelo Poder Público federal;

VIII – dispor sobre limites e condições para a concessão de garantia da União em operações de crédito externo e interno. (BRASIL, 2016)

Mais especificamente, a Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) estabelece, em suas condicionantes constantes no Art. 32, competência ao Ministério da Fazenda para verificar o cumprimento dos limites e requisitos mínimos para a realização de operações de crédito de cada ente da federação.³ No caso das operações de crédito internacionais, que é nosso foco, a LRF estabelece ainda a exigência de autorização específica do Senado Federal:

Art. 32. *O Ministério da Fazenda verificará o cumprimento dos limites e condições relativos à realização de operações de crédito de cada ente da Federação, inclusive das empresas por eles controladas, direta ou indiretamente.*

§ 1º O ente interessado formalizará seu pleito fundamentando-o em parecer de seus órgãos técnicos e jurídicos, demonstrando a relação custo-benefício, o interesse econômico e social da operação e o atendimento das seguintes condições:

I – existência de prévia e expressa autorização para a contratação, no texto da lei orçamentária, em créditos adicionais ou lei específica;

II – inclusão no orçamento ou em créditos adicionais dos recursos provenientes da operação, exceto no caso de operações por antecipação de receita;

III – observância dos limites e condições fixados pelo Senado Federal;

IV – *autorização específica do Senado Federal, quando se tratar de operação de crédito externo.* (BRASIL, 2000, §1º, IV, grifo nosso)

3 Para aprofundar a leitura a respeito dos limites e condicionantes para contratações de operações de crédito previstos na LRF, recomendamos a leitura de Piscitelli (2012).

Vale evidenciarmos aqui que não se trata de quebra do pacto federativo, mas sim a busca de mecanismos para legalizar as ações e as políticas externas dos governos subnacionais que são, cada vez mais, uma preocupação brasileira, tanto quanto em outros países, revelando-se como uma tendência diante do cenário de globalização da economia.

É evidente que em um Federalismo, a representação externa é atribuição do governo central, o que não configura aqui uma possibilidade de alteração da Constituição Federal de 1988 como caminho para descentralização da política internacional, muito menos a segmentação do poder do Estado nacional. Nestes casos, a hipótese de uma emenda constitucional com o objetivo de descentralizar competências exclusivas do governo central seria ir à contramão dos pilares sobre os quais o Estado brasileiro se estabelece. Por outro lado, também não podemos deixar de lado o fato de que o aumento da atuação internacional dos governos subnacionais poderia eventualmente levar a se cogitar mudanças na legislação.

Assim, segundo Vigevani (2006), essa restrição de atuação das unidades federadas no comércio exterior atinge principalmente aqueles contratos efetivamente diplomáticos: as ações entre Estados. Vigevani defende a hipótese de que atualmente há possibilidades flexíveis de cooperação internacional dos governos subnacionais, por exemplo, as das relações nos campos cultural, científico, educativo, tecnológico, turístico e econômico.

Podemos observar que acordos externos dependem diretamente de uma representatividade do Estado no plano internacional, onde os governos subnacionais não gozam de tal autonomia, porém, esses fatores não invalidam essa possibilidade. O que percebemos é que atualmente o Estado brasileiro estabelece uma espécie de política *ad hoc*,⁴ uma vez que cada situação ou acordo é analisado detalhadamente e buscando, sempre, estabelecer um papel de intermediação.

Em tal caminho, conforme o que foi levantado por Vigevani (2006, p. 23)

O Ministério das Relações Exteriores vem agindo como intermediário em acordos que os governos estaduais e municipais queiram estipular, procurando formas de enquadramento por meio de ajustes complementares no *framework*⁵ de um acordo existente entre os Estados nacionais. Desse modo, preserva-se o princípio constitucional da competência do Estado, sendo a ação subnacional resultante de uma delegação de responsabilidade. Um exemplo antigo dessa forma de atuação é o da Fundação para o Desenvolvimento Administrativo - FUNDAP, do governo do Estado de São Paulo. Essa instituição desenvolve desde os anos de 1980 atividades de cooperação técnica com os governos de Nicarágua, Moçambique, Angola, Guiné Bissau, Cabo Verde e outros. Quem tem a responsabilidade formal por eles é a Agência Brasileira de Cooperação do Ministério, delegando-se poderes à FUNDAP para sua execução.

⁴ *Ad hoc* é uma expressão latina que significa “para isto” ou “para esta finalidade”. É empregada em contexto jurídico no sentido de “para um fim específico”; por exemplo, um advogado *ad hoc* é aquele nomeado apenas para um determinado ato jurídico.

⁵ *Framework* se refere as atividades pertinentes a pessoas de várias funções e departamentos que interagem para atingir um resultado ou projeto específico; por exemplo, a implantação de um sistema de gestão da qualidade que envolve pessoas de vários segmentos da empresa.

Apesar de não serem foco deste trabalho, algumas alternativas podem caracterizar um caminho viável para que os interesses subnacionais de alguns estados possam ser vislumbrados. Na literatura, encontramos casos como os da Argentina que, após uma reforma constitucional, permitiu que suas províncias negociassem acordos internacionais desde que não violem os compromissos assumidos pelo Estado nacional.

Temos ainda outros exemplos, como os casos dos governos subnacionais canadenses de Ottawa e Quebec, que tem atuado como atores internacionais devido à sua importância econômica, comercial e tecnológica para o país, contando com diversos escritórios de cooperação no exterior, incluindo no estado de São Paulo (ESCRITÓRIO DE QUEBEC EM SÃO PAULO, 2015).

Como podemos observar, não há mais como fechar os olhos a esta tendência. Logo, devemos observar os casos de sucesso e fracasso, anotar as lições aprendidas de forma que as alternativas para os interesses subnacionais se tornem relevantes a ponto de se iniciar um processo para a criação de instituições supranacionais mais robustas e autônomas, sem que se firam os aspectos legais e soberanos do governo central.

CASOS CONCRETOS

Há cerca de trinta anos, no início da década de 1980, com intuito de resolver os problemas de um mundo cada vez mais complexo e interligado por relações que vão além da capacidade do Estado, nota-se uma crescente mudança na forma de como as relações internacionais começaram a sofrer mudanças significativas. Com isso, alguns atores da atividade econômica passaram a atuar em conjunto no mundo inteiro, em cidades, Estados, governos e departamentos, procurando assumir um papel estratégico nas relações internacionais e buscando uma forma de complementar o papel do Estado a fim de garantir investimentos externos e tomar a iniciativa na solução de problemas no âmbito do cenário subnacional que envolvam cultura, ciência, educação, tecnologia, turismo e economia.

Na América Latina, a partir do ano de 1995, uma experiência de participação de governos subnacionais de forma organizada começou a ser discutida, o que resultou no Mercosul e na criação de uma rede de cidades dos países membros como um meio de participação dessas unidades subnacionais no processo decisório do bloco.

Contudo, ainda naquele ano, como resultado do Seminário “Mercosul: opções e desafios para as cidades”,⁶ (ACE GUARULHOS, 2003) a Declaração de Assunção, assinada pelos prefeitos da capital paraguaia e de Montevidéu, bem como pelos representantes de Brasília, Rio de Janeiro, Buenos Aires e Santiago, culminou com a criação da Rede Mercocidades, na qual a ata de fundação foi assinada por onze cidades do bloco econômico: Assunção; Montevidéu; Rosário; Córdoba; La Plata; Porto Alegre; Florianópolis; Curitiba;

⁶ Associação Comercial e Empresarial de Guarulhos - Guarulhos participa de encontro de Mercocidades, abril/2003. Disponível em: <<https://www.aceguarulhos.com.br/blog/guarulhos-participa-de-encontro-de-mercocidades/#gsc.tab=0>>. Acessado em 08/02/2022.

Brasília; Salvador; e Rio de Janeiro. Ademais, se referiu à participação de unidades subnacionais no processo de integração, contando com a fundação da Secretaria Técnica/Administrativa permanente, nos moldes da Secretaria Administrativa do Mercosul.⁷

No Brasil, segundo Neves (2010), observamos que as primeiras atividades paradiplomáticas são estabelecidas pelos estados do Rio Grande do Sul e do Rio de Janeiro, sendo seguidos por São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Bahia e Ceará, além de estados envolvidos em paradiplomacia com países vizinhos, como Amazonas, Amapá, Acre e Roraima. Os casos do Rio Grande do Sul e do município de Porto Alegre figuram como uma das iniciativas que estabeleceram uma estrutura governamental focada na ação externa. Alguns aspectos políticos-partidários conduziram o tema a interpretações e execuções bastante distintas, uma vez que o município de Porto Alegre conseguiu pôr em prática uma ação externa mais consistente. Já no estado do Rio Grande do Sul, a política levou a caminhos mais difíceis e lentos, porém com significativos avanços.

No Rio Grande do Sul, observamos que ocorreram dois momentos bem distintos no estabelecimento institucional da estrutura paradiplomática, iniciando com o período entre os anos de 1987 a 1994, em que foi constatado o objetivo de orientar a ação externa por meio da Secretaria Especial para os Assuntos Internacionais (SEAI), que foi substituída, em 1995, pela Secretaria do Desenvolvimento e dos Assuntos Internacionais (SEDAI), operando como um ator paradiplomático do governo e como efetivo coordenador de uma parte de suas atuações internacionais.

Durante a década de 1990, Porto Alegre estabeleceu uma instância de coordenação das relações internacionais dos órgãos do governo local por meio do Gabinete Extraordinário para a Captação de Recursos e, posteriormente, por meio da Secretaria Extraordinária de Captação de Recursos (SECAR), que, a partir de 1996, passou a se chamar Secretaria Extraordinária de Captação de Recursos e Cooperação Internacional, executando ações que incluíam a coordenação crescente agenda de relações internacionais da prefeitura.

Diante disso, considerando apenas a ação exterior, destacamos a articulação dos governos em torno da promoção econômica e a cooperação técnica, conjugada com a integração regional, sendo a última marcada como um caso de descontinuidade motivada por fatores políticos, que teve seu ponto áureo evidenciado com a assinatura de 24 protocolos de cooperação entre o Brasil e a Argentina.

Com a criação da SEAI em Porto Alegre, o desenvolvimento da economia regional foi um dos principais pilares nas ações e projetos da área internacional, com grandes esforços para promover o comércio Cone Sul⁸ e a criação de empresas binacionais. Com isso o governo de Porto Alegre conseguiu atrair empresas transnacionais que anunciaram investimentos no Estado do RS.

7 Para aprofundar o estudo sobre a Rede Mercocidades do Mercosul, recomendamos a leitura de “Integração regional e governos subnacionais: a construção de uma agenda para o foro consultivo de municípios, estados federados, províncias e departamentos do Mercosul”, de Yahn Filho.

8 Cone Sul é uma região composta pelas zonas austrais da América do Sul, ao sul do Trópico de Capricórnio, formando uma espécie de grande península que define o sul do subcontinente. Geograficamente, o Cone Sul da América é a porção sul do continente americano, cuja forma se assemelha a de um triângulo escaleno.

Já o município de Porto Alegre, desde a criação dos órgãos de cooperação internacional, em 1994, foi estabelecida uma estratégia visível, bem articulada e que buscou a maior coerência em sua dimensão internacional. Apesar de sofrer os efeitos políticos de uma mudança de governo, conseguiu evidenciar a imagem externa de Porto Alegre, potencializando a cooperação com outros governos municipais, desenvolvendo sólidas relações bilaterais no âmbito do Mercosul, assim como no âmbito global.⁹

Ao longo dos últimos anos, o Paraná vem agregando em seu portfólio de relações internacionais várias ações, tanto com países desenvolvidos como com em desenvolvimento. Entre os países desenvolvidos, destacam-se os vários acordos e intercâmbios realizados com a União Europeia, neste caso, destaca-se a relação na área da agricultura, saúde e meio ambiente estabelecida com a França. Já com os Estados Unidos, as parcerias se dão no âmbito do consumo de recursos hídricos e pesquisa técnica na agricultura orgânica.

Por sua vez, Curitiba é nacionalmente reconhecida por sua imagem positiva quanto à gestão urbana e o desenvolvimento de programas ambientais – por exemplo, o Lixo Que Não É Lixo e o Compra do Lixo –, fazendo com que a cidade seja considerada como modelo para todo o país (MENEZES, 1996).

Como fruto das ações de cooperação internacional, Curitiba passou a ser reconhecida internacionalmente por rótulos de “Capital Ecológica”, “Cidade Modelo” e “Capital de Primeiro Mundo”. Também no campo do desenvolvimento de programas ambientais, o município ganhou destaque internacional, recebendo prêmios, como o Prêmio Habitat, oferecido pelo Centro das Nações Unidas para Assentamentos Humanos, e o Árvore da Vida, oferecido pela União Internacional para a Conservação da Natureza. Destacamos também a excelência no transporte coletivo, que recebeu premiação do International Institute of Energy Conservation, dentre outros.¹⁰

Quando falamos a respeito do Estado de São Paulo, é possível reportarmos que ele mantém relações de cooperação internacional praticamente desde sua fundação. Contudo, observa-se que somente a partir do século XIX, com a abertura do setor privado ao exterior, passando pelo marcante processo de imigração, pela distribuição de energia elétrica, desenvolvimento do transporte público, indústria química e farmacêutica, foram atraídos grandes volumes de investimentos privados estrangeiros o que então levou o Estado paulista a consolidar efetivamente suas relações internacionais.

O município de São Paulo, por sua vez, conta também com uma Secretaria Municipal específica para tratar de assuntos internacionais. Criada em 2001, a Secretaria Municipal de Relações Internacionais (SMRI) estruturou a agenda internacional da cidade, conferindo grande relevância às relações internacionais na esfera municipal, gerindo atividades que englobam a participação nas redes de cidades, projetos para organizações multilaterais,

9 Para aprofundar mais sobre o Rio Grande do Sul e Porto Alegre, recomendamos a leitura de Salomón e Nunes (2007).

10 Para aprofundar mais sobre o processo paradiplomático subnacional do Paraná e de Curitiba, recomendamos a leitura de Reis (2012).

relação com comunidades de estrangeiras, participação em eventos internacionais e nacionais, prospecção de recursos internos e externos, busca de acordos de cooperação entre ela e outras cidades e, por fim, parcerias com empresas multinacionais.¹¹

Podemos falar também na cooperação internacional no âmbito da Amazônia entre organizações internacionais e de regulação, Banco Mundial, Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com destaque especial aos programas e projetos ambientais, cujo enfoque principal é a redução da pobreza e preservação do meio ambiente.

A partir da década de 1990, os assuntos relacionados à Amazônia deixam de ser limitados às questões de fronteira, de segurança e soberania nacional, tornando-se um espaço multidimensional modelado por poderes e ações de atores transnacionais.

Com a implementação do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (1995-2009), a Amazônia se tornou alvo de ações compartilhadas da cooperação técnica e científica internacional, realçando os interesses dos países do G7¹² com base em acordos diplomáticos e apoio de instituições brasileiras federais e regionais. Sob essa ótica, há vários outros atores com diferentes interesses em setores de energia, transportes, mineração, agricultura e pecuária.

Nesse campo ambiental estão as ações dos G7, representados por suas agências internacionais bilaterais para o desenvolvimento. As principais são: Alemanha (GTZ), Estados Unidos (USAID), Grã-Bretanha (DFDI) e França (IRD). Perante os demais países do G7 e da União Europeia, a Alemanha foi o que mais contribuiu com o Programa Pioto, além de manter a promoção de projetos e eventos socioambientais para a promoção da biodiversidade por meio de diversas organizações nacionais que atuam na Amazônia em cooperação internacional técnico-científica.¹³

No caso canadense, a província de Quebec exerce uma forma de compartilhamento de soberania sob seu território com o governo central, o que lhe garante acesso a redes diplomáticas internacionais e a canais governamentais de decisão independentes, permitindo-lhe ter também presença direta nas delegações canadenses no exterior. No entanto, o governo subnacional goza de prerrogativas típicas dos atores livres de soberania, permitindo-lhe, por exemplo, poder defender seus litígios em tribunais estrangeiros ou se autorrepresentar em eventos internacionais, como foi o caso da participação no Fórum Social Mundial.¹⁴

11 Para aprofundar mais sobre São Paulo, recomendamos Marcovitch (2014).

12 O G7 (Grupo dos Sete) reúne os sete países mais industrializados e desenvolvidos economicamente do mundo. Todos os países fundadores são nações democráticas: Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França, Itália, Japão e Reino Unido.

13 Para aprofundar sobre o tema da cooperação internacional na Amazônia, recomendamos a leitura de Pressler e Teixeira (2014), bem como Pressler (2010).

14 Para aprofundar mais sobre Quebec, recomendamos a leitura de Marcovitch (2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme demonstrado, foi possível verificar que os governos subnacionais passaram a ter uma maior relevância no campo das relações internacionais, a exemplo do que podemos verificar nos casos do Mercosul, na América Latina, alguns municípios e estados brasileiros, Canadá e União Europeia. Foi possível constatar também que significativos avanços na interpretação dos conceitos de soberania, federalismo e normas jurídicas aplicáveis à matéria se fazem necessários, de modo que os governos subnacionais não representem uma ruptura drástica na constituição do Estado brasileiro.

Neste aspecto legal, compreendemos que o modelo de federalismo atualmente interpretado ainda restringe a emergência de novas instâncias do poder público no país, capazes de instituir modernos padrões de intervenção, planejamento, orientação descentralizadora e que resgate as dimensões sociais do desenvolvimento do Estado, fortalecendo seu objetivo de prestar serviços à população, incorporando tarefas que beneficiam o sistema federal.

Além das restrições observadas, registramos também que muito se perde quando a descontinuidade das ações é potencializada por decisões e tendências políticas, como no caso de Porto Alegre e Rio Grande do Sul.

Evidencia-se também que a cooperação internacional tem muito a contribuir nas soluções dos problemas locais ou na prestação de serviço à sociedade, que, até então, ficaram restritos à esfera de competência exclusiva dos governos centrais, que os tratava de forma isolada. Saúde, educação, ciência, cultura e economia figuram como os principais objetos dos acordos de cooperação internacional, tornando-se temática atual e relevante para a sociedade brasileira.

Com foco especial na Amazônia, com suas dimensões continentais e dificuldades latentes, o processo de integração regional ganha relevância na medida em que a cooperação constitui a base para a solução de problemas que extrapolam os limites territoriais de cada Estado. Há grande espaço para ações de cooperação internacional na Amazônia que contemplem temas relacionados não apenas a questões de fronteira, de segurança e soberania nacional, tornando-se um meio multidimensional modelado por poderes e ações de atores transnacionais, com foco na prestação de serviços à sociedade local, que hoje ficam na dependência de iniciativas individuais e isoladas de cada Estado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Constituição [de 1988] da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 26 nov. 2021.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Poder Legislativo, Brasília, DF, 5 maio 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm. Acesso em: 26 nov. 2021.

ESCRITÓRIO DE QUEBEC EM SÃO PAULO. *Québec*. Disponível em: <https://www.international.gouv.qc.ca/pt/sao-paulo>. Acesso em: 1 mar. 2015.

GUARULHOS PARTICIPA DE ENCONTRO DE MERCOCIDADES. *Guarulhos*. Disponível em: <https://www.aceguarulhos.com.br/blog/guarulhos-participa-de-encontro-de-mercocidades/#gsc.tab=0>. Acesso em 08/02/2022.

MERCOCIDADES. Quem Somos. Disponível em: <https://mercociudades.org/pt-br/mercociudades/>. Acesso em 08/02/2022.

MARCOVITCH, Jacques, org. *Relações internacionais de âmbito subnacional: a experiência de estados e municípios no Brasil*. São Paulo: Instituto de Relações Internacionais – Universidade de São Paulo, 2014.

MENEZES, Claudino Luiz. *Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba*. Campinas: Papirus, 1996.

MERLE, Marcel. *Sociologie des relations internationales*. Paris: Dalloz, 1988.

NEVES, Miguel Santos. Paradiplomacia, regiões do conhecimento e a consolidação do “soft power”. *JANUS.NET, e-journal of International Relations*, v. 1, n. 1, p. 12-32, 2010.

PISCITELLI, Tathiane. *Direito financeiro esquematizado*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método. 2012.

PRESSLER, Neusa Gonzaga de Santana. Amazônia e cooperação internacional: discursos e contradições. In: Encontro Nacional da ANPPAS, 5., 2010, Florianópolis. *Anais Anppas 10 anos: Avaliando os desafios teóricos e as novas Agendas Públicas*. Florianópolis: ANPPAS, 2010. p 1-19.

PRESSLER, Neusa Gonzaga de Santana; TEIXEIRA, Lucilinda. Cooperação internacional na Amazônia e o desafio da comunicação institucional. In: Encontro Anual da Compós, 23., 2014, Belém. *Anais ...* Belém: Universidade Federal do Pará, 2014.

REIS, Rafael Pons. *A ação externa dos governos subnacionais: um estudo da inserção internacional do município de Curitiba e do Estado do Paraná*. Brasília, DF: [s.n.], 2012.

RISSE, Thomas. Transnational Actors in World Politics. In: CARLSNAES, Walter; RISSE, Thomas. SIMMONS, Beth (ed.). *Handbook of International Relations*. London: SAGE, 2002. p. 255-274.

SALOMÓN, Mónica. Os novos atores globais no sistema de nações unidas. *Tempo Exterior*, v. 6, n. 10, p. 81-93, 2005.

SALOMÓN, Mónica; NUNES, Carmen. A ação externa dos governos subnacionais no Brasil: os casos do Rio Grande do Sul e de Porto Alegre: um estudo comparativo de dois tipos de atores mistos. *Contexto Internacional*, v. 29, n. 1, p. 99-147, 2007.

SALOMÓN, Mónica; SÁNCHEZ-CANO, Javier. El proceso de articulación de las autoridades locales como actor político y el sistema de Naciones Unidas. *Agenda ONU: Anuario de la Asociación para las Naciones Unidas en España*, n. 6, p. 151-192, 2005.

SOLDATOS, Panayotis. No Explanatory Framework for the Study of Federated States as Foreign-Policy Actors. In: MICHELMANN, Hans; SOLDATOS, Panayotis. *Federalism and international relations: the role of subnational units*. New York: Oxford University Press, 1990.

VIGEVANI, Tullo. Problemas para a atividade internacional das unidades subnacionais: estados e municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 21. n. 62, 2006.

YAHN FILHO, A. G.. Integração regional e governos subnacionais: a construção de uma agenda para o foro consultivo de municípios, estados federados, províncias e departamentos do mercosul. v.1. Santo André: RECRIE, 2009, p. 7.

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA: Pós-doutor; Consultoria/Pesquisa na área de ciências exatas, computação e engenharia. Além disso, é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica – UFRO e Docente/Pesquisador do Programa de Doutorado PGDRA/UFRO. Líder do grupo de pesquisa **GEITEC** (www.geitec.unir.br).

É Doutor em Física pela UFC desde 2005 com pós-doutorado – UFMT/CNPq (2009), era bolsista Desenvolvimento Tecnológico Industrial – nível A do CNPq (2023 até janeiro de 2024).

<http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>.

A

Aplicações deep learning 107

Arduino 48, 49, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105

Arduino Uno 93, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 105

Arte e design 130, 131, 132, 133, 134, 146, 147, 162, 163, 164

B

Badges 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Brasil e a Argentina 181

C

C# 107, 108, 115

C++ 98, 102, 107, 108, 109, 115

Calidad de energía 75

Célula de carga 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Cooperação internacional 174, 179, 181, 182, 183, 184, 185

Corrente de Foucault 72

Corriente continua (EA en Wh) 87

D

Diagramas PERT/CPM 188

E

Energia ininterrupta 1, 38, 44

Energy saving 49

Engenharia de manutenção 1, 8, 10

Erro Relativo Percentual (ERP) 93, 98

F

Federalismo 174, 175, 177, 178, 179, 184

Formative assessment 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124, 127

G

Gamification 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 127, 128, 129

Generación distribuida 75, 76, 79

Generación fotovoltaica 85

Governo subnacional 174, 183

I

ICA 66-36 2019 20

Infraestrutura 1, 11, 12, 19, 20, 44, 45, 46

Instituto Técnico da Sega (STI) 146, 153, 158

Integração regional 174, 181, 184, 186

J

Java 106, 107, 111, 112, 113, 115

JavaScript 106, 107, 109, 110, 115

Jogos eletrônicos 130, 131, 132, 133, 134, 142, 154, 160, 162, 163, 164

K

K-12 students 124

L

LQP - Line Stability Factor 78

M

Machine learning 107, 109, 112, 113

Módulo bluetooth 67, 68, 69, 71

N

NBR 7117:2012 24, 28

P

PHP 105, 106, 107, 110, 115, 166, 167, 168, 171, 172

Phyton 106

Ponte de Wheatstone 93, 95, 96, 104

Portable transformer 49

R

Radar de Aproximação TA-10SST 1, 11

Rendimiento y pérdidas 85

Resistência em vigas de concreto 93, 95

S

Sistemas fotovoltaicos 75, 76, 78, 82, 83, 86, 91, 92

Soberania 174, 175, 176, 177, 183, 184

Sociedade e tecnologia 131

SQL 107, 113, 114, 115

T

Transformador portátil 48, 49, 50, 56, 57, 68

Engenharia elétrica e de computação

qualidade, produtividade
e inovação tecnológica

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2024

Engenharia elétrica e de computação

qualidade, produtividade
e inovação tecnológica

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2024