

CIÊNCIA E TECNOLOGIA: EIXOS DO DESENVOLVIMENTO

VOLUME II



Frederico Celestino Barbosa

Ciência e tecnologia: eixos do desenvolvimento

2ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

2ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciência e tecnologia: eixos do desenvolvimento

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

216 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl499

ISBN: 978-65-5367-129-4

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. interdisciplinaridade 2. desenvolvimento 3. avanço I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 600

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl499>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
MÉTODOS DE CRIPTOGRAFIA RSA :CRIPTOGRAFIA RSA E SUAS APLICAÇÕES	
Maria Edna gomes da Silva	
Valéria Gerônimo	
DOI 10.37423/220505778	
CAPÍTULO 2	12
COMPRAS PÚBLICAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DOS RISCOS E DESAFIOS	
Robinson Alexander Sturmer	
Elias Garcia	
Eliane Nascimento Pereira	
Fabiana Frata Furlan Peres	
DOI 10.37423/220505843	
CAPÍTULO 3	31
POTENCIALIZANDO ATIVOS INTELECTUAIS EM PROJETOS DE SOFTWARE	
Gláucia Garcia de Araújo	
André Luiz Alves	
DOI 10.37423/220505894	
CAPÍTULO 4	50
BIOGÁS: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA COMO FONTES ENERGÉTICAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA OCIDENTAL	
Elvino Ferreira	
DOI 10.37423/220505896	
CAPÍTULO 5	75
ANÁLISE DO IMPACTO DA SUJIDADE NO COMISSONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: CORREÇÃO DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO (ISC)	
Dênio Alves Cassini	
Suellen Caroline Silva Costa	
Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz	
Lawrence Lee Kazmerski	
DOI 10.37423/220505897	
CAPÍTULO 6	96
EXPLORANDO A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL EM TERMOS DE CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO ON-LINE	
Simone Ariomar de Souza	
Sigreice Ariomar de Souza	
DOI 10.37423/220505921	

CAPÍTULO 7	106
QUÍMICA NO ENSINO REMOTO: UMA PROPOSTA DE APLICATIVO PARA COMPLEMENTAR A APRENDIZAGEM	
Felipe dos Santos Lima	
Jemmla Meira Trindade	
Janyeid Karla Castro Sousa	
Paulo Rogério de Almeida Ribeiro	
Maira Silva Ferreira	
DOI 10.37423/220505933	
CAPÍTULO 8	119
ADEQUAÇÃO DA LEI DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E INCENTIVOS NO BRASIL	
VANECY MATIAS DA SILVA	
REGILDA SARAIVA DOS REIS MOREIRA-ARAÚJO	
DOI 10.37423/220505939	
CAPÍTULO 9	131
APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE INCENTIVO À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NOS ESTADOS DO BRASIL	
VANECY MATIAS DA SILVA	
REGILDA SARAIVA DOS REIS MOREIRA-ARAÚJO	
DOI 10.37423/220505941	
CAPÍTULO 10	149
CRITICISMO DA INFRASOMATIZAÇÃO DOS ALGORITMOS E AMBIENTES COMPUTACIONAIS AO ENSINO E EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA	
Rogério Bastos Quirino	
Gilmar Barreto	
DOI 10.37423/220505943	
CAPÍTULO 11	174
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO E CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS APLICADOS NA ARQUITETURA E URBANISMO	
Patricia Sousa Marques	
DOI 10.37423/220505951	
CAPÍTULO 12	192
THERMAL ACTIVATION OF BRAZILIAN SMECTITE CLAY (PRIMAVERA) AND ITS APPLICATION FOR THE REMOVAL OF CADMIUM FROM AQUEOUS SOLUTION	
Marta Ligia Pereira da Silva	
Tellys Lins Almeida Barbosa	
Meiry Gláucia Freire Rodrigues	
DOI 10.37423/220505952	

Capítulo 1



10.37423/220505778

MÉTODOS DE CRIPTOGRAFIA RSA :CRIPTOGRAFIA RSA E SUAS APLICAÇÕES

Maria Edna gomes da Silva

Universidade Regional do Cariri

Valéria Gerônimo

Universidade Regional do Cariri



Resumo: Com o passar das décadas a troca de mensagens entre o emissor e o receptor ficou cada vez mais rápida devido ao aprimoramento dos meios de comunicação. Mas nem sempre foi desta maneira, principalmente na época das monarquias onde os planos de guerra deveriam ser secretos, para isso a mensagem era criptografada de modo que apenas o emissor e receptor teriam acesso ao conteúdo da mesma. Nesse momento surge a Criptografia que é um mecanismo da qual utiliza-se códigos para transformar letras em símbolos, na maioria das vezes utiliza-se números e comandos matemáticos específicos para criptografar e decodificar mensagens. Assim, o presente trabalho apresenta o método de criptografia RSA, que utiliza como base em sua execução a teoria dos números e álgebra, ramos da matemática que dão suporte ao desenvolvimento da pesquisa em criptografia RSA, objetivando mostrar como a matemática pode se interagir com outras áreas do conhecimento, além de aplicar a criptografia feita manualmente ao software Mathematica 5.0, assim, utilizou-se de bibliografias pertinentes a criptografia RSA, bem como ao software Mathematica 5.0, utilizando de comandos pertinentes ao mesmo para desenvolver a criptografia e decodificação de mensagem. Observou-se na execução do trabalho, o tempo levado manualmente para criptografar e decodificar mensagens e através do software Mathematica 5.0, bem como os processos matemáticos envolvidos. Logo, ressalta-se a importância da criptografia para grandes feitos da humanidade, bem como o avanço da mesma através da utilização de conteúdos matemáticos.

Palavras-chave: Criptografia; Sistema RSA; Matemática aplicada a Criptografia; Mathematica 5.0.

INTRODUÇÃO

Durante uma boa parte da história, monarcas dependiam de alguma comunicação para governar seu povo, com as guerras e tomadas de poder ficava mais difícil mandar e receber mensagens secretas, a parti desse ponto criou-se o sistema de comunicação que dependia de “chave de segurança” para que a mensagem fosse lida, nascia as primeiras ideias de Criptografia, que consiste em uma escrita escondida. Com o passar do tempo a criptografia foi aperfeiçoando-se e ficando cada vez mais difícil de decodificar uma mensagem criptografada sem possuir a chave de segurança.

Atualmente existe vários sistemas de criptografia que em sua maioria trazem a matemática como propulsora dos códigos de segurança, a mais conhecida e utilizada trata-se da Criptografia RSA, desenvolvida em 1968 por R. L. Rivest, A. Shamir e L. Adleman, quando trabalhavam no Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.), esse método é muito utilizado na internet para navegar e fazer comércio eletrônico, além do mais esse processo de chave pública permita a qualquer usuário codificar mensagens, mas como a chave de decodificação é secreta apenas o destinatário poderá ler a mensagem. Assim, o objetivo dessa pesquisa é utilizar os conhecimentos matemáticos para enfatizar a criptografia RSA, bem como a sua aplicação a software conhecido como o Mathematica 5.0, que tem caráter dinâmico que facilita as operações manuais que podem ser feitas na criptografia RSA.

METODOLOGIA

A criptografia RSA utiliza como base a clássica teoria dos números para a sua execução. O método RSA consiste em três etapas que serão explicadas abaixo, são elas: Geração das chaves, Codificação, e Decodificação.

Geração da Chave:

- Escolhe-se dois números **p** e **q**, primos;
- Calcula-se o valor de **n** que será o produto dos dois números primos es colhidos, ou seja,
n=p.q ;
- Calcula-se o valor da função $\varphi(x)$ em **n**, onde $\varphi(x)$ é a função totiente de Euler e pode ser calculada da seguinte maneira:
$$\varphi n = \varphi p .q = p - 1 \quad q - 1$$
- Escolhe-se um número **e**, tal que $1 < e < \varphi n$ e $m d c \varphi n, e = 1$;
- Elege-se um número **d**, tal que $d . e \equiv 1 \pmod{\varphi n}$;
- O par formado pelos números **n** e **e** será a chave pública;

- O par formado pelos números n e d será a chave privada.

Codificação

Primeiro deve-se converter as letras do alfabeto em números, é mais vantajoso fazer a correspondência com número de dois algarismos, para que não haja confusão quando a mensagem for decodificada, logo usaremos dois algarismos, como mostra o exemplo abaixo:

A	B	C	D	E	F	G	Z
24	25	26	27	28	29	30		49

Escrita a mensagem em forma numérica, quebra-se a mensagem em blocos j , tal que $j < n$. Cada bloco j é criptografado separadamente da seguinte forma:

$$c \equiv j e m o d (n)$$

Onde o c representa as letras encriptadas, agora a mensagem é enviada por alguma mídia de comunicação ao receptor que com a chave de segurança, decodificará a mensagem.

Decodificação Para decodificar a mensagem o receptor com sua chave privada precisará fazer uma potência modular, onde o mesmo recuperará as letras j da mensagem encriptada c , por meio da expressão:

$$j \equiv c d m o d (n)$$

Exemplificaremos a criptografia RSA descrita acima através da palavra MATEMATICA, na qual utilizaremos para codificar e decodificar.

MATHEMATICA 5.0

O processo de criptografia RSA pode ser feito manualmente, mas por critérios de dar ênfase ao processo de criptografia rápida, utilizaremos o programa matemática Mathematica 5.0, que é um sistema de computação algébrico, a escolha do mesmo se justifica pela implantação do uso de software nas licenciaturas em matemática, bem como o fácil manuseio do software. Para a realização da criptografia no software Mathematica 5.0 foi necessário o estudo do mesmo, bem como os comandos inerentes no processo, vale ressaltar que o estudo está em seu estado inicial, onde utilizaremos apenas de comandos pertinentes ao software e comandos aprendidos durante a pesquisa do mesmo.

Para começar a criptografar a mensagem deve-se escolher dois números primos p e q , a escolha de números primos é importante, pois quanto maior os números primos, mais difícil a fatoração desses por meio de algoritmos, tornando-se quase impossível a quebra da chave da chave privada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização do Mathematica 5.0 notou-se além da eficácia do software a rapidez do processo de criptografar uma mensagem bem como a diminuição do tempo de decodificação. Comparou-se o tempo de codificar e decodificação de uma mensagem manualmente através dos passos descritos acima e considerando o emissor e receptor são aptos para desenvolver o processo, calculou-se o tempo estimado de noventa minutos para desenvolver o processo que com a utilização do Mathematica 5.0 levou-se em torno de oito minutos, evidente que o processo matemático envolvido é de suma importância para o entendimento do processo de criptografia, além de ser esse processo evidenciado neste trabalho.

Espera-se que possa-se utilizar e incrementar a criptografia RSA a softwares matemáticos como o Mathematica 5.0, bem como estudar com mais detalhes a utilização da criptografia no próprio software.

CONCLUSÕES

Com o avanço tecnológico é cada vez mais fácil interceptar dados pessoais ou mensagens particulares utilizando algoritmos e software sofisticados para o mesmo. Devido a esse avanço é necessário criar e/ou aprimorar mecanismo que dificultem que dados sejam espalhados sem autorização, para isso é indispensável que o estudo na área de criptografia seja aprimorado e incentivado.

A utilização da matemática é de suma importância para o avanço da criptografia, todo o embasamento da criptografia RSA é baseada na utilização da teoria dos números, uma área da matemática elegante, além disso pode-se incrementar a criptografia a softwares, ajudando na agilidade do processo, dando a matemática um caráter real que pode ser utilizado pela comunidade de pesquisa bem como pela sociedade.

REFERÊNCIAS

COUTINHO, Severino Collier; Números Inteiros e Criptografia RSA; Rio de Janeiro: Série Computação e matemática, IMPA; 2000.

PAZ, Leandro Barbosa. Implementação do sistema criptográfico RSA no software Mathematica 5.0. Juazeiro do Norte: FJN, 2010. 77f. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Software). Faculdade de Juazeiro do Norte, 2010.

PIMENTEL, Eliane Gouvêa. Teoria dos números e criptografia RSA. Disponível em: <www.mat.ufmg.br/~elaine/OBMEP/criptografia.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2010. SANTOS, José Plínio de Oliveira. Introdução à Teoria dos Números. Rio de Janeiro: IMPA, 2009. (Coleção Matemática Universitária).

Capítulo 2



10.37423/220505843

COMPRAS PÚBLICAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DOS RISCOS E DESAFIOS

Robinson Alexander Sturmer

*Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE*

Elias Garcia

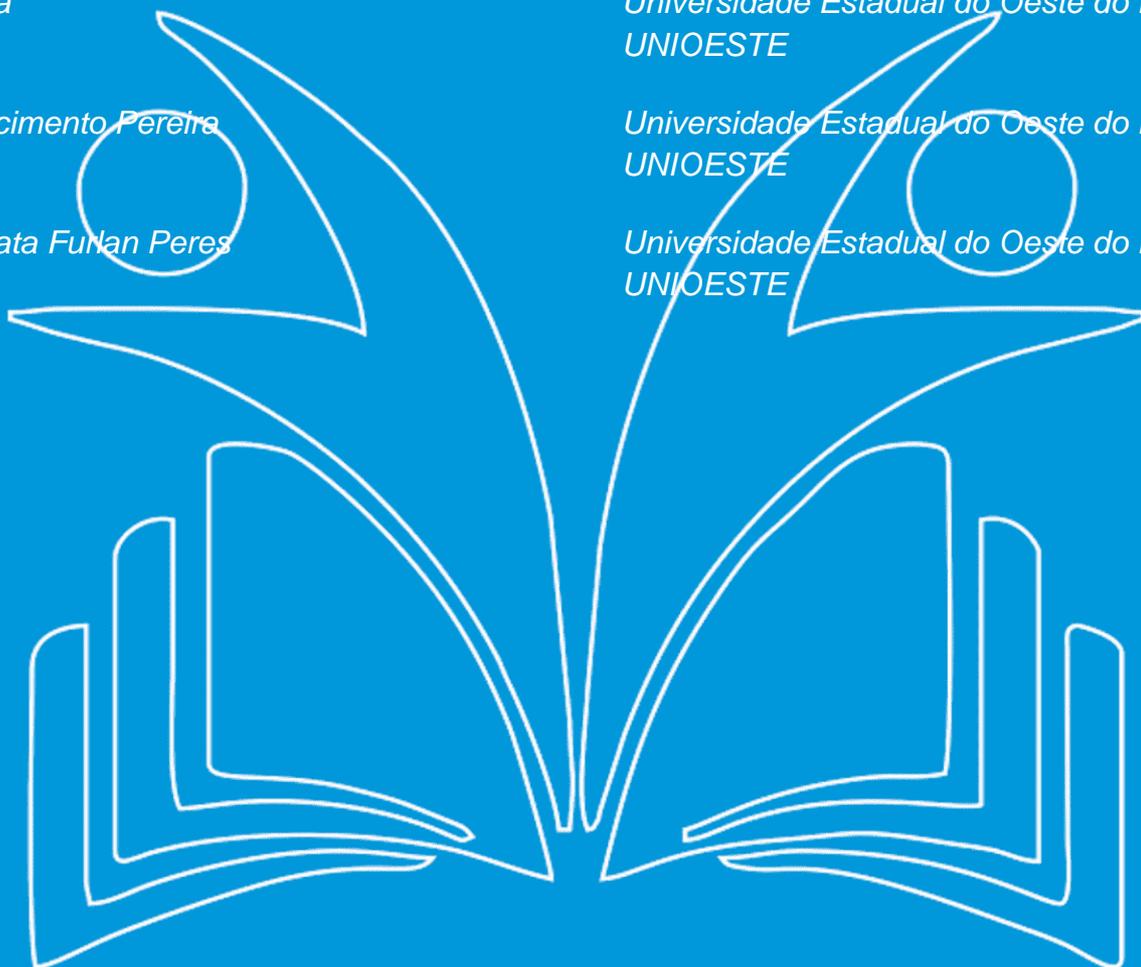
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE*

Eliane Nascimento Pereira

*Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE*

Fabiana Frata Furlan Peres

*Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE*



Resumo: Introdução: As compras públicas consistem em um importante mecanismo que leva as políticas públicas a efeito, representam grande parte dos gastos da Administração e pressionam os gestores a buscar maior governança dos gastos públicos. Assim, este artigo faz uma breve exposição dos riscos e desafios relacionados às compras públicas; **Método:** Consiste em revisão sistemática da literatura e análise qualitativa dos resultados em duas etapas: uma com foco na análise dos dados coletados e a outra nos aspectos relacionados aos riscos e desafios que se apresentam nas pesquisas. **Resultados:** Foram identificados 272 artigos, dos quais 36 foram selecionados para a extração de dados. Temas como governança, sustentabilidade, governo eletrônico, desenvolvimento local e sustentabilidade estão em destaque nas pesquisas. **Conclusão:** os desafios que se impõem aos operadores das compras públicas são diversos, destacando-se fatores como legislação confusa, falta de planejamento, de conhecimento e de sinergia por parte dos responsáveis, fatores que podem reduzir os resultados ou frustrar a aquisição. A utilização de sistemas eletrônicos, associada ao treinamento e envolvimento dos gestores de compras pode ser uma importante ferramenta para fomentar o planejamento, reduzir riscos relativos aos desvios de finalidades e superar os desafios que se observam nas compras públicas, abrindo campo para que estas possam ser utilizadas como instrumento de implementação de políticas econômicas, sustentáveis e de desenvolvimento em sua plenitude.

Palavras-chave: Compras públicas; Governança; Gestão de riscos; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Observamos com frequência várias notícias nos jornais sobre aquisição de equipamentos hospitalares, respiradores, máscaras, remédios, oxigênio, compra de vacinas e outros tipos de bens e materiais de uso contínuo para que as instituições públicas possam prestar seus serviços à população. Todas essas aquisições são demandadas por autoridades públicas e operacionalizadas pela área de compras das instituições, nas quais operam servidores públicos selecionados para tal atividade, que doravante denominamos compra pública.

Nas palavras de Oliveira (2015), as compras públicas consistem em aquisições de bens e serviços para prover demandas de cumprimento das funções do Estado, tais como saúde, educação e segurança, e representam grande parte dos gastos da Administração Pública.

Tal como ocorre no setor privado, a rotina das aquisições em instituições públicas está permanentemente exposta a desafios, que por sua vez são permeados por riscos que podem reduzir a capacidade institucional de gerar resultados e benefícios para a sociedade. A aquisição de vacinas para a COVID-19 é um exemplo latente e atual destes desafios, pois mesmo que os gestores públicos empreendam esforços para efetivamente prover o quantitativo necessário de vacinas para toda a população, fatores alheios à vontade de quem opera esta aquisição impacta e até frustra a compra. Ocorre que alguns destes fatores podem ser previamente identificados e assim receber um tratamento para que os seus resultados negativos sejam anulados ou reduzidos.

A literatura consultada aponta que os governos têm aplicado significativos esforços para aumentar a eficiência e eficácia desta função chave do Estado, pois busca maior governança dos gastos públicos. Assim sendo, este artigo faz uma breve exposição de conceitos relacionados às compras públicas, governança, gerenciamento de riscos e sustentabilidade utilizando a metodologia de revisão sistemática. Os resultados são divididos em duas etapas: uma com foco na análise dos dados coletados e a outra nos aspectos relacionados aos riscos e desafios que se apresentam nas pesquisas.

Ao final do artigo, elaboramos um apanhado geral dos resultados, no qual se pode verificar a importância das compras na economia, na inovação, na qualidade de vida, na política e no desenvolvimento sustentável, evidenciando a necessidade da valorização da área de gestão de riscos das compras para que as instituições públicas ampliem seu potencial de gerar valor para a sociedade em geral.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Denyer e Tranfield (2009), a revisão sistemática é uma metodologia específica que busca localizar os estudos existentes na área de pesquisa, selecionando, avaliando suas contribuições, analisando e sintetizando dados, e divulgando as evidências de forma que seja possível identificar o conhecimento sobre a área de pesquisa.

Quanto aos procedimentos técnicos, utilizou-se de pesquisa bibliográfica, que envolveu a análise dos dados extraídos dos artigos científicos, com destaque às características investigadas. Em relação aos dados, foram coletados a partir de delimitações formuladas no protocolo de Revisão Sistemática da Literatura – RSL com objetivo de analisar as compras públicas sob a perspectiva dos riscos e desafios a elas relacionadas, visando gerar conhecimento sobre os estudos realizados e eventuais lacunas que demandam investigação, propondo uma pauta para avanço nessa área. A RSL utilizou-se de uma pesquisa de natureza qualitativa e descritiva para análise dos dados.

Para o processo de seleção, reflexão e análise do fragmento da literatura, utilizou-se de consulta às bases de dados disponíveis no Portal de Periódicos da Capes, com base no eixo de pesquisa selecionado. Foram definidas como fonte de dados para consulta as bases de dados indexadas da *Web of Science (Elsevier)*, *Scopus e Spell*, devido à sua correspondência com a produção científica na área da Administração Pública. A coleta de dados foi realizada no dia 02 de setembro de 2020, na qual se utilizou a string de busca com o seguinte formato: ("COMPRA PÚBLICA"OR "AQUISIÇÃO PÚBLICA"OR "COMPRA GOVERNAMENTAL"OR "PUBLIC ACQUISITION"OR "PUBLIC PROCUREMENT"OR "PUBLIC PURCHASES"OR "PUBLIC PURCHASING"), resultando em 5.270 produções correlatas.

Estes resultados foram filtrados nas bases e limitados a estudos com acesso livre, revisados por pares, de idioma português, inglês ou espanhol, assim como, somente aqueles que estivessem dentro das seguintes áreas: *Business, Management and Accounting; Economics, Econometrics and Finance; Multidisciplinary e Public Administration*. Como resultado, retornaram 272 referências que foram convertidas em arquivos no formato Bibtex e importados para o Parsifal, ferramenta on-line desenvolvida para apoiar pesquisadores na realização de RSL, documentando a fase de planejamento e fornecendo suporte para a busca dos objetivos, como campos correlatos as questões de pesquisa, string de busca, palavras-chave e sinônimos, fontes, e critérios de inclusão e exclusão, além de mecanismos para verificação de avaliação de qualidade e formulários de extração de dados.

Com o auxílio do Parsifal, foram examinados título e abstract dos artigos, e excluídos aqueles claramente desalinhados e que, na percepção dos pesquisadores, não contribuiriam para o desenvolvimento da pesquisa. Referências duplicadas também foram excluídas, restando 123 artigos

para análise. Um dado interessante a ser explorado é a tempestividade dos estudos selecionados, pois como demonstra a Figura ??, a partir de 2014 o tema passou a ser explorado com maior frequência, com o pico quantitativo em 2019. Considerando que as buscas foram realizadas no mês de setembro de 2020, pode-se afirmar que há tendência de aumento nas produções científicas em 2020.

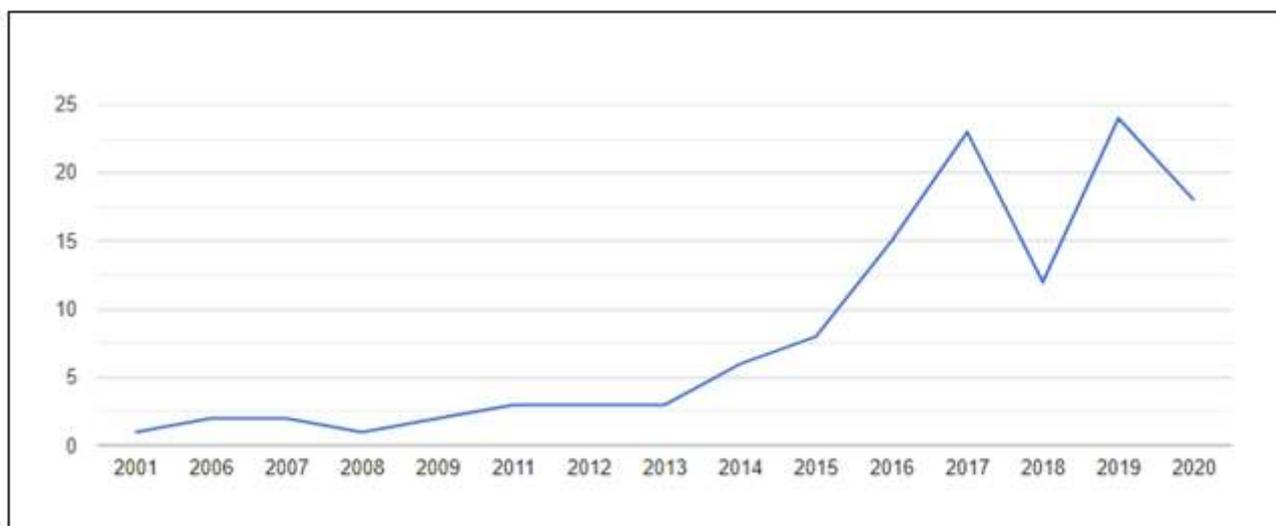


Figura 1. Tempestividade dos estudos.

Com os artigos pré-selecionados, seguiu-se para a avaliação de qualidade com a leitura da introdução e conclusão dos artigos, pontuando e classificando cada um de acordo com o questionário de avaliação elaborado pelos autores (Tabela 1). Aqueles com notas abaixo de 3,5 foram desconsiderados para a extração de dados.

Questionário para avaliação de qualidade (fase 3) NOTA DE CORTE 3,5, selecionados para leitura = 3,5				
<i>O artigo trata de desafios ou riscos relacionados as compras públicas?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>Compras como instrumento de política pública?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>Compras inteligentes como impulso para inovação?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>Compras sustentáveis?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>O artigo trata de compras públicas?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>O artigo trata de Governança?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>O artigo trata de compras públicas no contexto brasileiro?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>O artigo trata de gestão de riscos?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
<i>O artigo faz alguma relação entre os impactos da gestão dos riscos nas compras públicas na governança das instituições?</i>	Sim (1,00)	Parcial (0,6)	Pouco (0,3)	Não (-0,1)
Pontuação máxima	9			

Tabela 1. Questionário de avaliação.

Finalizada a etapa de seleção, o processo de RSL resultou num total de 34 (trinta e quatro) artigos para extração de dados. A análise foi elaborada com o apoio da ferramenta Mendeley, para melhor organização do conteúdo pois oferece a sistematização dos dados relativos aos direitos autorais e endereço para localização do arquivo na internet, além de auxiliar a leitura dos documentos PDF, com

opções como anotações e grifos. A busca por termos dentro do aplicativo também é de grande relevância quando se trata de RSL, e ajudaram a buscar informações acerca das seguintes perguntas, norteadoras desta pesquisa: Quais os riscos e desafios relacionados às compras públicas? Quais os resultados da pesquisa?

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A condução da RSL revelou diversos aspectos que se relacionam às compras públicas, e embora a gestão de risco não seja objeto direto dos artigos selecionados, este aspecto está presente quando se abordam os desafios. Segundo o PMI (2017), risco “é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto”(p. 677) tais como escopo, cronograma, custo e qualidade.

A pesquisa apontou para um conjunto de 34 artigos, dos quais 26 (vinte seis) ou 76% versam sobre temas relacionados ao Brasil, revelando a preocupação da comunidade acadêmica nacional quanto ao tema compras públicas. Outros oito artigos abordam o panorama internacional, cuja temática traz dados da Croácia, Letônia, País de Gales, Itália, Lituânia e Zimbábue, incorporando uma diversidade interessante a esta pesquisa, uma vez que são países com realidades sociais e econômicas distintas, mas com problemáticas semelhantes, denotando que o tema ora abordado não está restrito a países pobres, ricos ou subdesenvolvidos. Os desafios e as medidas para mitigar os riscos observados nos artigos podem fornecer indicativos de como atacar estes problemas em qualquer país, concorrendo para o melhor aproveitamento e disseminação de boas experiências e práticas já implantadas.

Quanto aos procedimentos de extração de dados, considerando a necessidade de categorizar e organizar as informações coletadas para a análise, observamos os seguintes aspectos do protocolo da RSL: local do estudo, tema e foco, objetivo e principal resultado.

Na sequência os artigos foram segmentados e agrupados em categorias para análise Bardin (2016). Entre os temas observados nos estudos, as **compras para inovação** focaram no incentivo ao desenvolvimento de tecnologia local, na capacidade de inovação das empresas como meio de desenvolvimento econômico e no uso do poder de compra como instrumento de incentivo às inovações. Outra vertente abordou o **Desenvolvimento local**, com estudos voltados às micro e pequenas empresas e à agricultura familiar, enquanto sob o tema **Sustentabilidade** os autores enfatizaram o papel e os critérios de sustentabilidade; com a centralização ou compartilhamento de compras sustentáveis e com a percepção dos agentes envolvidos nas compras. Com importante destaque nos estudos, o tema **Governança** abarcou a centralização de compras, estruturação

organizacional, eficiência, eficácia, avaliação de desempenho dos processos, implantação de sistemas gerenciais, governo eletrônico, planejamento e Gestão de riscos.

É importante registrar que estas categorias e conclusões não têm como objetivo segregar determinado tema de estudo como um risco ou desafio, uma vez que tal condição é inerente a qualquer situação incerta ou problema que possa surgir. Dito isso, todas as categorias têm seus desafios e podem ser permeadas por uma situação incerta ou um grande problema a ser vencido ou superado, e desta forma guardam direta relação com a governança e o sucesso das compras públicas. Na próxima seção, faremos um resumo contendo as principais conclusões dos autores acerca do papel que estes temas representam para as compras públicas.

COMPRAS PARA INOVAÇÃO

Ao tratar do tema inovação, o governo dos países em desenvolvimento tem utilizado de seu arsenal de políticas industriais e tecnológicas para estimular as empresas locais a participar de encomendas governamentais com vistas a acumular níveis inovadores. Ribeiro e Furtado (2015) relataram obstáculos como a falta de capacitação tecnológica das empresas, que ainda impedem o desenvolvimento da indústria e concluem que, mesmo adotando uma política de compras indutora, ainda se observa a dependência tecnológica estrangeira no país.

Moreira e Vargas (2015) asseveram que, quando contratadas para prestar serviços de software para o Governo Federal, as empresas acabam inovando, mas estas inovações (desenvolvidas para clientes governamentais) podem não ser inteiramente reaproveitadas por clientes e indica a não correspondência à premissa original das compras públicas, que preveem o desenvolvimento de inovações capazes de serem difundidas na economia. Para que se possa utilizar as compras para a inovação é necessário que se estabeleçam requisitos para aquisição de bens ou serviços ainda inexistentes no mercado, mas com potencial para serem desenvolvidos e posteriormente utilizados pelo mercado consumidor.

Evidências da utilização das compras como incentivo à inovação por parte de fornecedores também são descritas por Camargos e Moreira (2015), pois afirmam que a inovação faz parte do discurso dos servidores e certamente tem sua simpatia, mas não se converte em compras efetivas para a inovação, pois estes querem inovações, mas não sabem, efetivamente, o que contratar.

AS COMPRAS E O DESENVOLVIMENTO LOCAL

As Compras públicas também podem ser indutores do desenvolvimento local, visto que agregam valor às empresas e comunidades ao torná-las fornecedoras do Estado. Caldas e Nonato (2013) apresentam as compras públicas governamentais como ferramenta estratégica de apoio ao desenvolvimento local e trazem a experiência da cidade de Apucarana/PR. Os autores demonstram que os Municípios são capazes de criar políticas públicas para resolverem seus problemas e ainda promover o desenvolvimento local por meio das compras públicas. No estudo, observaram que os gestores de políticas públicas locais superaram desafios ao empreender esforços na confecção de leis, articulação com os produtores locais, logística, recepção e distribuição dos produtos a serem consumidos, incentivando o desenvolvimento econômico local.

O mesmo movimento deveria ser observado quando pensamos nas pequenas e médias empresas – PMEs, que inclusive gozam de legislação que as privilegia justamente para que possam agregar valor às suas comunidades. Cabral, Reis, e Sampaio (2015) observaram os condicionantes da participação e do sucesso de Micro e Pequenas Empresas (MPE) em compras públicas a partir de alterações na legislação. Os autores registram que a documentação, o tempo e o custo envolvidos na preparação das propostas estão entre as principais barreiras para a participação nas contratações governamentais. As análises demonstraram que fatores como divisão de contratos e mudanças institucionais, promovidas pela Lei Geral das MPE, contribuíram significativamente para o aumento na participação de MPE nos processos de licitações por meio de pregão eletrônico, porém não alteraram a probabilidade de êxito de empresas de pequeno porte em certames públicos, colocando em perspectiva a eficácia da legislação implantada.

Conclusão similar é registrada por Chaves, Bertassi, e Silva (2018), pois concluem que existem dificuldades na utilização da licitação como instrumento de política pública, apontando que é preciso avançar muito na discussão acerca da utilização do poder de compra do Estado como potencial indutor de desenvolvimento regional. Corroborando neste sentido o estudo de Rocha (2019), indicando que a política de inovação e desenvolvimento brasileira tem problemas em atingir as pequenas e médias empresas, pois visa principalmente as de grande porte, que já são inovadoras e tem alto desempenho em P&D.

SUSTENTABILIDADE NAS COMPRAS

Silva e Barki (2012), ao apresentarem as compras compartilhadas de itens e de materiais de expediente ambientalmente corretos, afirmam que há possibilidade de implantar um sistema de aquisições

públicas voltadas à sustentabilidade que podem impulsionar o desenvolvimento. Esta situação, apesar dos grandes desafios encontrados (inexperiência dos órgãos com compras sustentáveis e períodos de compras incompatíveis), destaca como diferencial do a motivação apresentada pelos membros, mas cita os riscos em relação ao uso excessivo e exclusivo dos instrumentos de comando e controle, em conjunto com a multiplicidade e conflito dos diversos atores envolvidos na formulação de políticas ambientais, como um fator que contribui para a pouca agilidade, altos custos transacionais e para o comportamento resistente a mudanças. Por fim, os autores demonstraram que a utilização do Pregão SRP compartilhado possibilita a realização de compras ambientalmente corretas e economicamente eficientes para todos os participantes.

O estudo de Hall, de Moura, Macêdo, e da Cunha (2014) revela uma heterogeneidade nos aspectos relativos às compras sustentáveis das universidades. Muitas apresentaram a informação de que não estavam aplicando ou aplicavam de forma parcial os aspectos sobre as questões ambientais. Quanto aos produtos, as universidades, na sua maioria, buscavam adquirir produtos de qualidade e com uma durabilidade maior, além de buscar produtos com menor consumo de água e energia.

Do mesmo modo, Ferreira Costa, Diniz, Cunha, e Pires (2016) revelaram que, na prática, a Administração não está preparada para realizar procedimentos licitatórios sustentáveis em razão da sua deficiência em identificar, na fase de planejamento, o impacto ambiental do objeto a ser executado e acaba por deixar de exigir no edital de licitação os requisitos para conservação e proteção do meio ambiente, necessários para o cumprimento do objeto com respeito às normas ambientais. É notável, de acordo com os estudos, a necessidade de treinamento e qualificação dos atores envolvidos nas aquisições, pois o desconhecimento do conceito e dos critérios de sustentabilidade aplicados a prática das compras públicas, é fator decisivo para que tal objetivo possa ser alçado a outro nível.

Todavia, Mendonça, Cruz, Teodosio, e Raso (2017) relatam que este sucesso só pode ser alcançado se houver a predominância do pilar regulatório, que tem como base de legitimação as normas legalmente postas, entendendo ser mais fácil adotar uma estrutura de organização por lei ou decreto, do que institucionalizar o correspondente comportamento social. Ao final do estudo, relatam que após a implantação deste modelo, é necessário um contínuo esforço das instituições públicas para que as normativas legais estejam sempre atualizadas aos constantes desafios do Estado, e que o planejamento para a implementação e manutenção destes mecanismos legais abarque não somente os chefes dos poderes, mas que busquem uma governança colaborativa, com envolvimento e engajamento de todos aqueles que direta ou indiretamente são responsáveis pelas aquisições públicas.

Este foco foi relatado por Rosset e Finger (2017), que apontam o Pregão Eletrônico como um grande avanço nas compras públicas sustentáveis, pois foram valoradas as categorias transparência, eficiência e economia e defendem a simplificação dos processos de compra, mas ainda caracterizam o sistema atual como moroso.

Esta morosidade pode estar relacionada também a outros fatores, como os normativos legais e humanos, pois outros autores defendem diferentes posições neste sentido. Um exemplo é o que G. C. d. Araújo e Teixeira (2018) concluíram ao afirmar que não há profissionalização das compras públicas sustentáveis, não existe uma padronização e nem mesmo estudos aprofundados que comprovem a efetiva contribuição socioambiental dessas compras, tais como ciclo de vida dos produtos. Os autores registram que os responsáveis pelas compras públicas decidem os critérios sustentáveis de forma intuitiva e que nem sempre contribuem com fatores socioambientais positivos que deveriam. Sousa e Carvalho (2018) defendem a necessidade de qualificação dos servidores responsáveis pelas compras, devido ao desconhecimento das normas e dos próprios critérios ambientais, além da inadequação do mercado fornecedor, fator que dificulta a inserção dos critérios ambientais nos editais e concluem que as licitações estudadas não cumprem a finalidade legal de promover o desenvolvimento sustentável, nem a função social, pela errônea interpretação do princípio da economicidade – desconsiderando o valor de uso dos bens e serviços e negligenciando os critérios ambientais.

Em situação oposta Cader da Silva, Betiol, Villac, e Nonato (2018) relatam a exitosa experiência das compras públicas sustentáveis por meio de aquisições compartilhadas. Os autores fundamentam o sucesso no Planejamento Estratégico e na coordenação de equipes e compras compartilhadas, amparadas por critérios de sustentabilidade da padronização de bens e serviços. Os resultados demonstram que o modelo de governança proposto, participativo e construído coletivamente, favoreceu a criação de um clima de colaboração entre os diversos atores envolvidos no tema.

Esta visão é reforçada por Cunha e Araújo (2019), que também observaram o envolvimento de vários atores (demandante, gestor, equipe de licitação, equipe de patrimônio e almoxarifado, consumidor final etc.), e enfatizaram que todos precisam ser capacitados e inseridos no processo. Neste sentido, uma das principais sugestões diz respeito à formação de uma Comissão de Sustentabilidade para verificar a inclusão dos critérios ambientais nos materiais que serão adquiridos. Como resultado, o estudo gerou uma nova postura dos requisitantes, que passaram a consultar alternativas mais sustentáveis para uma série de itens de materiais de consumo.

GOVERNANÇA

A governança e seus mecanismos são também motivos de pesquisas nacionais. A International Federation of Accountants (IFAC) (2013) entende que governança compreende a estrutura (administrativa, política, econômica, social, ambiental, legal e outras) posta em prática para garantir que os resultados pretendidos pelas partes interessadas sejam definidos e alcançados.

Um dos mecanismos desta estrutura é o leilão reverso, que efetua a seleção baseada no atributo preço, e se constitui base do Pregão Eletrônico do Portal Comprasnet. Segundo Menezes, Silva, e Linhares (2007), essa ferramenta possibilita a disputa por contratos mediante a submissão de lances decrescentes dos fornecedores, e tem alcançado resultados positivos em termos de agilidade, transparência e redução de custos, mas argumentam que a utilização de uma abordagem de decisão multicritério pode contribuir para um salto quali-quantitativo na execução das compras públicas brasileiras, proporcionando redução de custos e aumentando a qualidade dos bens e serviços adquiridos.

A utilização de sistemas gerenciais na administração pública brasileira também ocupa posição de destaque em pesquisas, tais como a de Cintra, Vieira, Barboza Júnior, Fernandes, e Baggio (2012) que estudaram o impacto da utilização de um Sistema de Informação Gerencial na gestão de contratos. Os autores apresentam a prevalência de resultados como qualidade e agilidade no trato com as atividades administrativas e eficiência na rotina dos contratos. Perceberam ainda que a instituição promoveu alterações, como a melhora do fluxo administrativo dos contratos, e treinamento de funcionários e gestores ligados a essa função, destacando o apoio e envolvimento da alta administração. Concluem registrando que a inclusão da tecnologia na gestão provocou mudanças significativas, como por exemplo, a redução de desperdício e tempo, melhora no controle de contratos.

Os sistemas de gestão e controle também têm estrita ligação com a eficiência e eficácia. Sobre o tema, Oliveira (2015) sugere melhorias nos trâmites, rotinas e controles processuais, aliadas à qualificação de atores envolvidos na elaboração de documentos que compõem a base do processo, trazendo como exemplo o Termo de Referência. Estes ajustes podem melhorar o nível de eficiência e impactar diretamente na eficácia percebida que seria a concepção do produto advindo da licitação. Tal relação com a eficiência de compras foi estudada por Tvaronavičiene, Žemaitaitiene, e Bilevičiene (2016) a partir de dados relativos a Lituânia, na qual os procedimentos eletrônicos de contratação pública podem ser efetuados pelo Sistema Central de Informações e se tornam uma medida que economizar dinheiro, recursos humanos e tempo para fornecedores e autoridades de compras.

Esta relação com a eficiência de compras também foi estudada por Tvaronavičiene et al. (2016) a partir de dados relativos a Lituânia, na qual os procedimentos eletrônicos de contratação pública podem ser efetuados pelo Sistema Central de Informações e se tornam uma medida que economizar dinheiro, recursos humanos e tempo para fornecedores e autoridades de compras. Kochanova, Hasnain, e Larson (2018) também analisam este uso da tecnologia aplicada às compras em diversos países e concluíram que o governo eletrônico reduz a corrupção e melhora a capacidade de gestão do governo, com efeito positivo nas compras.

Infelizmente, no Brasil esta discussão sobre gestão das compras, eficiência, eficácia e modelos gerenciais aplicáveis remonta a períodos históricos. Fernandes (2016) relata a trajetória de persistente debilidade institucional da área de compras e contratações públicas no Brasil. Segundo o autor, até 1930 a organização das compras se baseava na descentralização e autonomia dos órgãos. Todavia, a revolução impulsionou a formulação de uma política de centralização, apoiada na padronização dos bens consumidos pela administração pública e tendo como referência os casos dos Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Canadá, Chile e Itália. Ao longo dos anos 1950 e 1960, os atos de governo enfraqueceram ainda mais o processo de centralização. Somente em 1990 teve início a estruturação atual, conformada a partir do desenvolvimento do sistema informatizado Siasg-Comprasnet, com importantes e surpreendentes impactos. Segundo o autor, a informática abriu caminho para a inovação nas regras e procedimentos, assim como, fortaleceu a organização sistêmica e o papel do órgão central, além de imprimir uma centralidade no âmbito dos serviços gerais que compõem o sistema. Entretanto, assevera que a pressão pública que buscou se proteger de agentes corruptos prejudicou economicamente as compras, pois o processo de centralização ficou relegado a segundo plano, e foi “desenhado” por meio de apêndices, como o decreto do pregão, do registro de preços e outros.

Como se pode observar, a discussão sobre a gestão das compras públicas é de extrema relevância, pois o serviço público por ela impulsionado é precursor fundamental da qualidade de vida, pode atuar para minimizar a pobreza e prestar serviços básicos para os cidadãos e não está restrita às fronteiras brasileiras. A falta de governança das compras relatada por Dzuke e Naude (2015) denota como a falta de governança e ineficiência do governo do Zimbábue contribuiu para deterioração dos serviços oferecidos à população. Os autores observaram que a estrutura legal das compras públicas no Zimbábue prejudica a prestação de serviços, pois são centralizadas em um Órgão Central que confere controle e autoridade excessiva aos gestores, impondo burocracia excessiva. Soma-se a tal condição a ineficiência e falta de transparência, fatores de risco que favorecem atos de corrupção Dzuke e Naude (2017).

A falta de governança também está presente no estudo de Šostar e Marukić (2017), que ao abordarem a Lei sobre contratos públicos da República da Croácia, relatam que os critérios para seleção de propostas em procedimentos de contratação pública têm como base a abordagem de custo-efetividade, mas que neste contexto foram identificados problemas significativos na área de planejamento e implementação da contratação, oriundos da preparação inadequada da documentação, e derivam de recursos humanos insuficientes ou sobrecarregados.

Já na seara da inovação de procedimentos organizacionais atinentes às compras, o panorama é bem distinto. Carneiro e Junior (2017) relatam um sistema Eletrônico de Compras que otimizou o processo e aumentou a eficácia na utilização dos recursos públicos diante do ganho de escala nas compras. O tema também foi objeto de estudo por Patrucco, Luzzini, Davide, e Ronchi (2019), que buscaram identificar a melhor estrutura conceitual de compras públicas em governos locais do País de Gales e na Itália. De acordo com os estudos, o nível de centralização e o status das compras dentro da instituição afetam os resultados, pois os autores descrevem que os aspectos governamentais e regulatórios influenciam as decisões, mas a organização das compras depende também de outros fatores internos e externos. Todavia, a oportunidade de aumentar a centralização das compras só parece possível se as escolhas de centralização forem motivadas por fatores governamentais de objetivos regulatórios ou de política institucional, com verdadeiro compromisso da gestão para promover esta mudança dentro da instituição.

Ocorre que estas melhorias só podem ser possíveis a partir de um planejamento robusto e compartilhado. Soares, Correia-Neto, Ribeiro, e Ferreira (2019) defendem que o formalismo exacerbado torna o processo de compras moroso, ineficaz e gera retrabalhos. Afirmam que quanto mais um servidor sabe sobre os principais elementos das tarefas que executa e sobre o domínio em que atua, melhor habilidade ele tem de planejar e executar suas atividades, por isso é necessária a constante capacitação e valorização dos atores destas funções.

Observando os riscos e desafios até agora relatados, podemos compreender melhor o estudo de Vieira, Macedo, e Hrdlicka (2019), que analisaram formas inovadoras de controle das compras governamentais com fulcro na garantia da efetividade do gasto público. A análise revelou falhas na contratação e execução em contratos de obras públicas devido ao projeto básico com número significativo de erros conceituais, fator de risco que pode gerar altos custos de repactuação, ou paralisar a obra. O uso de técnicas modernas consagradas no mercado, dentre elas a virtualização, modelagem e gerenciamento eletrônico da obra, hoje conhecido como BIM (Building Information Model - que em português pode ser traduzido para “Modelo de Informação da Construção), pode

ajudar a mitigar estes riscos, mas o seguro, na modalidade performance bond, diminui suas consequências negativas ao garantir uma contrapartida monetária pelos dispêndios causados por estas incertezas, e consiste na transferência do risco para terceiros via contrapartida financeira.

De modo similar, ao analisar a literatura referente a compras públicas sob a perspectiva da avaliação de desempenho, G. B. P. d. Araújo e Sousa Lemos (2020) constataram: (i) a inexistência de autores renomados nessa área e de rede de colaboração; (ii) que os stakeholders são o foco que tem merecido atenção dos pesquisadores;

(iii) que os modelos construídos não estão sendo capazes de oferecer subsídios à gestão de compras públicas;

(iv) que o objetivo da AD tem sido avaliação, controle e motivação no âmbito das compras públicas;

(v) destaque positivo para inexistência das falhas métricas de replicação de uma instituição para outra e foco excessivo em medidas financeiras; (vi) que, por outro lado, os modelos construídos para avaliar o desempenho não consideram os objetivos organizacionais e não fornecem informações aos gestores públicos; e (vii) forte preocupação com os stakeholders, tanto do contexto interno quanto do externo.

Os autores observaram ainda compras repetidas, redundância de estruturas e procedimentos, desperdícios nos estoques, denotando mau uso dos recursos públicos e indicando um modelo de compras parcialmente centralizado, mas que possui características de descentralização. A solução para estes problemas pode residir na centralização das aquisições com a reforma e redefinição dos processos e procedimentos. Estes, por sua vez, devem estar embasados no uso de sistemas integrados para execução e gerenciamento do ciclo completo das compras, desde o planejamento, padronização dos procedimentos, levantamento da demanda, identificando o ponto de ressuprimento, acompanhamento contratual até a identificação dos resultados alcançados.

Outro ponto de análise dos estudos diz respeito aos aspectos legais das compras. Gaile, Tumulavičius, Skrastin, a, e Načičionis (2020) relataram que investigar os objetivos da Lei dos Contratos Públicos da República da Letónia, observaram que tanto as entidades adjudicantes como as demais pessoas envolvidas no processo licitatório devem estar cientes da limitação da utilização do princípio da eficiência de gastos, pois focar apenas no aspecto legal pode levar a uma aquisição bem-sucedida, mas com baixa eficiência econômica.

CONCLUSÃO

As compras públicas, segundo os resultados obtidos, mantêm estreita relação com as funções do Estado. Sua utilização nos últimos anos passou a ser observada pelo prisma da estratégia, perfazendo

um novo instrumento para alçar as políticas públicas, sejam elas de cunho inovativo, social, econômico ou sustentável. Desta maneira, a governança dos desafios impostos para sua consecução é de primar a natureza para que esta possa cumprir com seu papel.

Vários são os atores envolvidos nos processos de compra e muitos são os riscos enfrentados; a ausência de competências e falta de capacitação tecnológica das empresas, somadas à inexistência de política formal de inovação e desorganização na oferta dos produtos pelo Estado impede a promoção das compras de cunho inovativo que podem incentivar o desenvolvimento local. Tal situação poderia ser contornada com a ampliação da procura do Estado por inovações, aliada a uma visão inovadora por parte do Governo e dos Compradores Públicos, que querem inovar, mas não sabem como. Alguns municípios já provaram que isso é possível promovendo o desenvolvimento local a partir de programas de compras públicas sustentáveis.

A sustentabilidade é tema atual e tem a simpatia dos pesquisadores da área, que demonstram o grande desafio para sua implantação. Compradores desqualificados, normas confusas, procedimentos morosos, falta de padronização, inadequação do mercado fornecedor, entre outros são fatores que ensejam os cuidados da gestão pública, e impactam diretamente na política sustentável. Se faz necessário que os Gestores Públicos capacitem seus compradores, e mais, que os motive a ser proativos neste processo, que diante do desafio, necessita de grande sinergia e coalizão para o sucesso. Os estudos nos revelaram ainda que os processos de compras, por mais simples que possam parecer, são permeados por inúmeros fatores de risco, tal que afetam sua eficácia e se tornam desafios a serem transpostos. A Governança destes fatores é, de fato, objetivo necessário, pois somente com mecanismos fortes de gestão, aliados ao planejamento e controle, as variáveis negativas podem ser mitigadas e as positivas ampliadas.

Uma alternativa muito citada nos estudos diz respeito a centralização de compras, padronização de procedimentos, promoção de um ambiente colaborativo; tudo sob a premissa do planejamento em conjunto com a aplicação de modernos sistemas de informação. O Planejamento e a execução dos procedimentos de aquisição, com utilização de Inteligência Artificial e outros mecanismos que hoje podem ser observados no que se denomina “governo eletrônico” é uma realidade indissociável à nova Gestão Pública, pois alia procedimentos padronizados, ágeis e transparentes ao combate aos desperdícios, com economias significativas à medida que se pode centralizar e compartilhar as compras gerando ganhos de escala, e ainda é ferramenta poderosa para o controle e combate à corrupção.

Por fim, como sugestão de pauta para estudos futuros, observada a carência de estudos diretamente ligados ao tema, sugerimos abordar a análise e gestão dos riscos diretamente ligados às compras, de modo que tais fatores possam ser objeto de estudos aprofundados e não somente ser coadjuvante das pesquisas, como pudemos observar nesta RSL. A compra, em si, é um meio – e seus riscos carecem de estudos, mas sem ele não se pode atingir o fim que se pretende.

REFERÊNCIAS

- Araújo, G. B. P. d., & Sousa Lemos, L. B. d. (2020). A Gestão de Compras Públicas: um Estudo de Caso da Central de Compras do Distrito Federal. *Teoria e Prática em Administração*, 10 (2), 124-137. doi: 10.21714/2238-104X2020v10i2-51188
- Araújo, G. C. d., & Teixeira, C. E. (2018). Análise das compras públicas sustentáveis na Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. *Gestão & Regionalidade*, 34 (100), 22-37. doi: 10.13037/gr.vol34n100.3744
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Cabral, S., Reis, P. R. d. C., & Sampaio, A. d. H. (2015). Determinantes da participação e sucesso das micro e pequenas empresas em compras públicas: uma análise empírica. *Revista de Administração*, 50 (4), 477–491. doi: 10.5700/rausp1214
- Cader da Silva, R., Betiol, L., Villac, T., & Nonato, R. (2018). Sustainable public procurement: the Federal Public Institution's shared system. *Revista de Gestão*, 25 (1), 9-24. doi: 10.1108/REG-11-2017-001
- Caldas, E. d. L., & Nonato, R. S. (2013). Compras públicas e promoção do desenvolvimento local. *Revista do Serviço Público Brasília*, 64(4), 465-480. Recuperado de <http://www.spell.org.br/documentos/ver/35588/compras-publicas-e-promocao-do-desenvolvimento-local>
- Camargos, N. M., & Moreira, M. F. (2015). Procurement for Innovation in the Brazilian Ministry of Health: Present in the Discourse but Not in the Bidding Process. *Contabilidade, Gestão e Governança*, 18 (3), 126–141. Recuperado de <http://www.spell.org.br/documentos/ver/38300/compras-para-a-inovacao-no-ministerio-da-saude----no-discurso--sim--na-licitacao---nao>
- Carneiro, D. K. d. O., & Junior, P. C. R. (2017, dez.). Inovação no processo de compra de medicamentos: estudo de caso do ministério da saúde. *Revista do Serviço Público*, 68 (4), 835–862. Recuperado de <https://doi.org/10.21874/rsp.v68i4.1618> doi: 10.21874/rsp.v68i4.1618
- Chaves, F. R. D., Bertassi, A. L., & Silva, G. M. (2018, dez.). Compras públicas e desenvolvimento local: Micro e pequenas empresas locais nas licitações de uma universidade pública mineira. *REGEPE - Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas*, 8 (1), 77–101. Recuperado de <https://doi.org/10.14211/regepe.v8i1.867> doi: 10.14211/regepe.v8i1.867
- Cintra, R. F., Vieira, S. F. A., Barboza Júnior, D. C., Fernandes, C. R., & Baggio, D. K. (2012). Impacto da implantação de um sistema de informação gerencial na gestão de contratos públicos: o caso do

Hospital Universitário de Dourados/MS. Revista de Administração da UNIMEP, 10 (2), 28–52. Recuperado de <http://www.spell.org.br/documentos/ver/8227/impacto-da-implantacao-de-um-sistema-de-informacao-gerencial-na-gestao-de-contratos-publicos>\T1\textendasho-casodohospitaluniversitario-de-dourados-ms

Cunha, S. F., & Araújo, M. A. D. (2019, ago.). Compras sustentáveis: Proposta de intervenção para as compras públicas do IFPB – campus campina grande. Revista de Gestão e Secretariado, 10 (2), 112–139. Recuperado de <https://doi.org/10.7769/gesec.v10i2.866> doi: 10.7769/ge-sec.v10i2.866

Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The Sage handbook of organizational research methods* (p. 671–689). Leicester, UK: Sage Publications Ltd.

Dzuke, A., & Naude, M. J. A. (2015, fev.). Procurement challenges in the zimbabwean public sector: A preliminary study. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 9(1). Recuperado de <https://doi.org/10.4102/jtscm.v9i1.166> doi: 10.4102/jtscm.v9i1.166

Dzuke, A., & Naude, M. J. A. (2017, fev.). Problems affecting the operational procurement process: A study of the zimbabwean public sector. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 11. Recuperado de <https://doi.org/10.4102/jtscm.v11i0.255> doi: 10.4102/jtscm.v11i0.255

Fernandes, C. C. C. (2016, set.). A organização da área de compras e contratações públicas na administração pública federal brasileira: o elo frágil. *Revista do Serviço Público*, 67 (3), 407–432. Recuperado de <https://doi.org/10.21874/rsp.v67i3.672> doi: 10.21874/rsp.v67i3.672

Ferreira Costa, C., Diniz, M. d. F. S., Cunha, N. R. d. S., & Pires, R. R. (2016, dez.). O fator sustentabilidade nas licitações e contratações públicas. *REUNA*, 21(4), 3756. Recuperado de <https://doi.org/10.21714/2179-8834/2016v21n4p37-56> doi: 10.21714/2179-8834/2016v21n4p37-56

Gaile, D., Tumulavičius, V., Skrastin, a, U., & Načiščionis, J. (2020, set.). Modern economics in the context of security: efficient use of funds and reduction of risks as one of the aims of public procurement. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(1), 4959. Recuperado de [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8.1\(4\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.8.1(4)) doi: 10.9770/jesi.2020.8.1(4)

Hall, R. J., de Moura, G. D., Macêdo, F. F. R. R., & da Cunha, P. R. (2014). Compras públicas sustentáveis: um estudo nas universidades federais brasileiras. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, 3 (1), 2744. Recuperado de <http://www.spell.org.br/documentos/ver/31485/compraspublicassustentaveis>\T1\textendashum-estudo-nas-universidades-federais-brasileiras

International Federation of Accountants (IFAC). (2013, jun). Governance in the Public Sector: A Governing Body Perspective. Consultation Draft for an International Framework.

Kochanova, A., Hasnain, Z., & Larson, B. (2018, maio). Does E-Government Improve Government Capacity? Evidence from Tax Compliance Costs, Tax Revenue, and Public Procurement Competitiveness. *The World Bank Economic Review*, 34(1), 101–120. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/wber/lhx024>
doi: 10.1093/wber/lhx024

Mendonça, R. A. M., Cruz, M. V. G. d., Teodosio, A. d. S. d. S., & Raso, L. S. P. (2017, dez.). Institucionalização de compras públicas sustentáveis: Uma análise da experiência do Governo de Minas Gerais. *REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, 23 (3), 62–91. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1413-2311.161.61307>
doi: 10.1590/1413-2311.161.61307

Menezes, R. d. A., Silva, R. B. d., & Linhares, A. (2007). Leilões eletrônicos reversos multiatributo: uma abordagem de decisão multicritério aplicada às compras públicas brasileiras. *Revista de Administração Contemporânea*, 11, 1133. Recuperado de <http://www.spell.org.br/documentos/ver/18031/leiloes-eletronicos-reversos-multiatributo>
T1\textendashuma-abordagemdedecisaomulticriterio-aplicada-as-compras-publicas-brasileiras

Moreira, M. F., & Vargas, E. R. (2015). Indução de Inovações em Serviços: Compras Governamentais para a Inovação ou Compras de Inovações? *Revista Gestão & Tecnologia*, 15 (2), 186–210. Recuperado

Capítulo 3



10.37423/220505894

POTENCIALIZANDO ATIVOS INTELECTUAIS EM PROJETOS DE SOFTWARE

Gláucia Garcia de Araújo

Pontifícia Universidade Católica de Goiás

André Luiz Alves

Pontifícia Universidade Católica de Goiás



Resumo: Este artigo apresenta formas simples e práticas de usar as ferramentas wiki na gestão do conhecimento gerado durante um projeto de software e evidencia que elas podem ser utilizadas em ambientes corporativos de forma segura. Além de descrever as vantagens destas ferramentas, em especial as vantagens da MediaWiki que se escolheu para o detalhamento por suas diversas funcionalidades e extensões que adicionam recursos úteis e eficientes para os projetos, também são apresentados os conceitos-chaves de gestão do conhecimento, projeto e escritório de projetos.

Palavras-chaves: *ferramentas wiki, mediaWiki, gestão do conhecimento, ativos intelectuais, projetos de software, escritório de projetos.*

1. PROJETOS DE SOFTWARE E ATIVOS INTELECTUAIS

Os projetos de software em geral costumam ter prazos apertados e volume de trabalho excessivo dentro deste contexto, como garantir que a sua documentação refletirá as mudanças ocorridas durante o projeto? Como garantir que o conhecimento de cada envolvido possa ser disseminado? Como proporcionar um ambiente cooperativo para a divulgação de ideias e atualização de artefatos? A solução prática que pode contagiar toda a equipe tanto do projeto quanto da parte do cliente são as ferramentas wiki, pois através delas é possível realizar a gestão do conhecimento produzido em um projeto de software, através da colaboração de todos os envolvidos, proporcionando agilidade e produção de conhecimento de forma mais completa.

Segundo o European Guide to Good Practice in Knowledge Management (2003), “gestão do conhecimento é a gestão das atividades e processos que promovem o conhecimento para o aumento da competitividade por meio do melhor uso e da criação de fontes de conhecimento individuais e coletivas”.

Afirma Sveiby (1998), “Ao contrário dos recursos físicos, o conhecimento cresce quando é compartilhado.”

Para Stewart (1998) “Os ativos intelectuais de uma corporação, são geralmente três ou quatro vezes mais valiosos que os tangíveis.”

Um projeto de software produz muito conhecimento e nem sempre ele é registrado, ficando apenas na mente dos analistas que desenvolveram a atividade, por isso trabalhar com conceitos de gestão do conhecimento nas reuniões dos projetos e incentivar a escrita mesmo que rudimentar do que foi feito, assim que a atividade acontece ajuda a garantir que esse conhecimento não se perca. A adequação a normas técnicas de documentação será feita em momento mais oportuno e naturalmente, pois em ambientes colaborativos todos os funcionários que leem o documento podem fazer alterações no mesmo aperfeiçoando-o continuamente, mas a oportunidade de registrar esse conhecimento em seu surgimento não deve ser perdida.

O Gerente do projeto precisará realizar uma forte campanha de desenvolvimento dessa nova cultura consequentemente ele deverá fornecer meios para isso, as ferramentas wikis são uma opção viável, simples, eficiente e barata para potencializar a geração de ativos intelectuais no projeto.

2. AS WIKIS

O termo wiki é de origem havaiana e pode ser traduzido como rápido, ligeiro, veloz. O que são wikis? Conforme definição do site da Wikipédia (2015), “Wiki é uma coleção de muitas páginas interligadas e cada uma delas pode ser visitada e editada por qualquer pessoa. O que torna bastante prático, a reedição e futuras visitas.”

Apresenta-se como vantagem das ferramentas wikis o fato delas proporcionarem um ambiente unificado para a documentação do projeto, pois através da colaboração de toda a equipe é possível que a evolução da documentação seja maior, tendo como ponto de partida os modelos e a memória técnica mantida por uma wiki existe uma base para começar a documentar o trabalho e este é incrementado pelo dos colegas não sendo gerado isoladamente, o que aprimora a sua qualidade.

A Wikimatrix é um portal onde são listadas e comparadas as informações de dezenas de wikis, através dessas informações gerou-se o gráfico a seguir, no qual fica evidente que a maioria delas é de código aberto, o que representa baixo custo para implantação e possibilidade de personalização, adequando a necessidade de cada empresa. A linguagem mais utilizada em ferramentas wiki é o PHP¹, seguida pelo java²

e C³, o banco de dados mais utilizado é o MySQL⁴, porém pode-se usar outros sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBD), essas tecnologias conhecidas e a grande quantidade de material de estudo disponível na internet facilitam a qualificação de profissionais capazes de implantar e adicionar recursos a uma wiki.

Figura 1 – Gráfico de tipos de Licença.

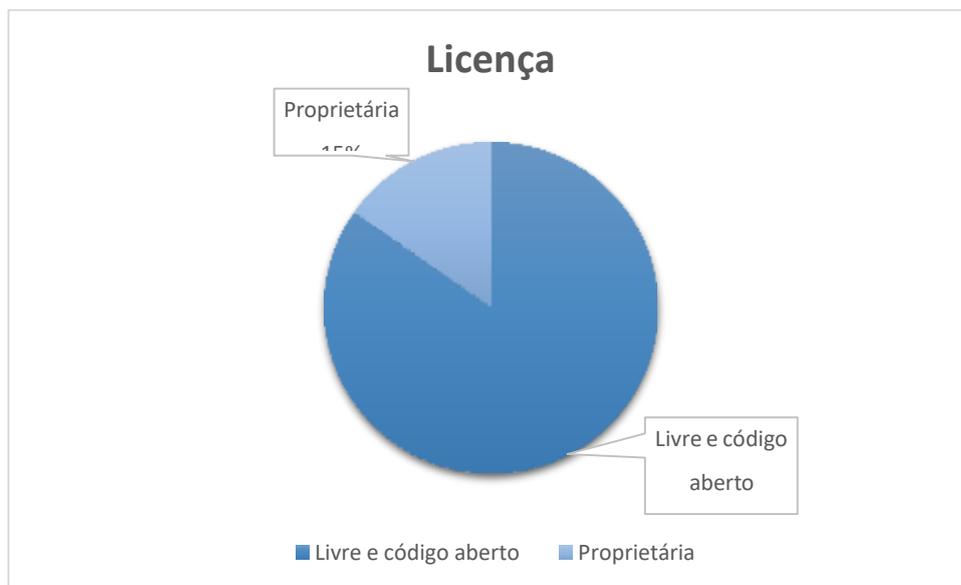


Figura 1 – Gráfico de tipos de Licença.

Para que ocorra a adesão às ferramentas wiki em uma organização é importante que todos os funcionários sejam incentivados a colaborar sem a imposição de padrões e normas de escrita muito rígidos no momento de registro da informação, existem casos de projetos de implantação de wikis em que as equipes não utilizaram a ferramenta pois haviam muitas exigências quanto a como colocar e/ou formatar as informações o que desmotiva o uso tolhendo o impulso de registrar e compartilhar a informação assim que a tem, mas o fato de muitas pessoas acessarem e modificarem estes documentos faz com que eles estejam em constante evolução, o que garante sua qualidade.

A ferramentas wiki tem como vantagem o fato de conhecimentos que ficariam limitados a mente de poucos analistas serem disponibilizados para toda a empresa.

O vandalismo em ambientes corporativos é praticamente inexistente, porque o ambiente é controlado por login, não existindo modificações anônimas. Mas se ocorrerem alterações incorretas, dificilmente haverá perda de informações, pois existem wikis com recursos onde todas as versões do documento ficam salvas e pode-se recuperá-las e compará-las com poucos cliques.

2.1.MEDIAWIKI E SUAS EXTENSÕES

Para os exemplos deste trabalho escolheu-se a ferramenta MediaWiki. Um software livre (Licença GPL - *General Public License*) escrito na linguagem de programação PHP, feito para suportar *websites* com milhões de acessos. Este software processa dados em bancos de dados como, por exemplo, o MySQL.

Ele é usado em grandes projetos públicos como a Wikipédia e em intranets fechadas como a Wiki-BB, projeto de uma Wiki corporativa dentro do Banco do Brasil, com controle de acesso rigoroso e seguro.

2.1.1. FUNCIONALIDADES NATIVAS DO MEDIAWIKI

Algumas funcionalidades nativas do MediaWiki que podem auxiliar na gestão do conhecimento em projetos de software são:

- **Histórico:** A MediaWiki mantém todas as versões das páginas que forem alteradas, sendo possível fazer comparações entre as versões e identificar quem as modificou caso o ambiente tenha sido configurado apenas para acesso mediante login. Também é possível desfazer alterações, ou seja, recuperar versões anteriores.



Figura 2 - Exemplo de comparação de histórico.

- **Vigiar Página:** Ao ativar essa funcionalidade nativa o usuário receberá notificações sempre que houver modificações por terceiros nas páginas vigiadas, inclusive podendo optar por recebê-las por e-mail.

- **Categorias:** Para classificar as páginas, por projeto, por palavras chaves, por etapas, por áreas, por equipe, etc. Várias funcionalidades e extensões usam o sistema de categorias.

- **Arquivos:** é possível anexar documentos, colocar imagens nas páginas, e esses documentos também são versionados e mantidos pela MediaWiki.

- **Aba Discussão:** esta aba está presente em todas as páginas na MediaWiki e permite que seja feito um fórum para discutir as alterações e dúvidas sobre o conteúdo da página ou documento.

- **Predefinições:** Possibilita a criação de modelos (templates) para serem inseridas nas páginas, permitindo inclusive a passagem de parâmetros de forma a personalizar ainda mais estes modelos.

Este recurso é útil quando uma mesma informação precisa constar em várias páginas, quando for necessário modifica-la basta ir na predefinição. Também é muito usado para padronizar a documentação. A sintaxe padrão dos templates é:

`{{novoTemplate}}`.

- **Menu lateral:** O menu lateral esquerdo é nativo do MediaWiki para acessá-lo e alterá-lo é necessário digitar Mediawiki:Sidebar no campo pesquisa e depois clicar em editar. Sugere-se que crie um link para cada projeto neste menu ou se a empresa tiver projetos demais, pode-se criar uma página estilo mapa do site com links para todos os projetos e colocar o seu link no sidebar. Outra opção é criar páginas separadas por áreas ou datas.

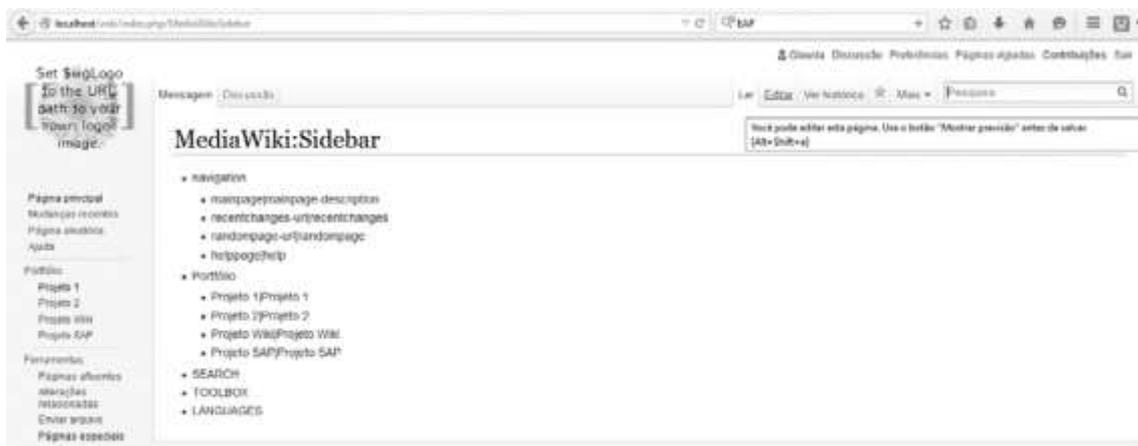


Figura 3 - Exemplo de Sidebar

2.1.2. EXTENSÕES DO MEDIAWIKI

Existem mais de mil extensões para a MediaWiki, que podem ser instaladas facilmente, elas adicionam recursos de acordo com as mais diversas necessidades.

Extensões que ampliam as funcionalidades para o ambiente corporativo e de projetos de software:

- Controle de acesso (autenticação): *LDAP Authentication*, *OpenAM*;
- Permissões: para editar e visualizar páginas: *SimpleSecurity*, *Permission*;
- Gráficos: *Pchart4mw*;
- Gráficos de Gantt: *JSWikiGantt*, *JobSchEd*;
- Mapa de links em imagens: *ImageMap*;
- UML⁵: *PlantUML*;

- Geração de documentos (.pdf, .odt) a partir de uma página wiki: Collection, OpenDocument Export, PDF Writer;
- Para dar significados aos dados: *Semantic MediaWiki*;
- Formulários: *Semantic Forms*;
- Acesso à informações de outras bases de dados: *SQL2Wiki*;
- Pontuação de Contribuições: *Contribution Scores*.

A extensão *Contribution Scores* coleta informações da quantidade de contribuições que cada usuário realiza e gera um ranking que pode ser usado para incentivar e premiar a equipe do projeto pela participação na geração da documentação.

O Controle de acesso na MediaWiki resume-se as opções de: exigir ou não login, contudo é possível restringir o acesso a determinados usuários ou grupos de usuários através da instalação de extensões, entre elas a *permission* que utiliza o sistema de categorias para limitar os acessos conforme abaixo:

\$ - Bloqueia a leitura para todos e libera somente para os usuários conforme sintaxe a seguir, a ser colocada no final das páginas que se deseja restringir o acesso:

```
[[Categoria:$usr:UserName1]]
```

```
[[Categoria:$usr:UserName2]]
```

& - Todos podem ler, mas a edição somente é permitida para os usuários conforme sintaxe abaixo:

```
[[Categoria:&usr:UserName1]]
```

```
[[Categoria:&usr:UserName2]]
```

@ - Para criar grupos: a criação de grupos na MediaWiki utiliza a funcionalidade

```
[[Categoria:@Escritório de Projetos]]
```

```
[[Categoria:@Projeto 1]]
```

```
[[Categoria:@Clientes Projeto 1]]
```

```
[[Categoria:@Projeto 2]]
```

```
[[Categoria:@Clientes Projeto 2]]
```



Figura 4 - Exemplo de um grupo criado através da extensão permission.

Além da extensão *permission* pode-se usar o próprio sistema de acesso da empresa herdando as informações através de extensões como a *LDAP Authentication* e *OpenAM* que fazem conexões com essas ferramentas.

Percebe-se que as categorias dentro de uma wiki são muito importantes e versáteis, com a extensão *CategoryTree* é possível ter uma visão dinâmica das categorias wikis em uma estrutura de árvore. Conforme sintaxe e imagem a seguir:

`<categorytree mode="all">Projeto 1</categorytree>`



Figura 5 – Resultado da Extensão categorytree

Para obter esse resultado basta colocar uma mesma categoria ou subcategoria relacionada no final de cada página conforme sintaxe: `[[Categoria:Projeto 1]]` e depois utilizar a extensão *categoryTree*.

A extensão *JSWikiGantt* permite a criação de gráficos de Gantt, a seguir um exemplo de sintaxe e seu resultado:

```
<jsgantt>
<task>
<pID>10</pID>
<pName>Wiki do Projeto 1</pName>
<pColor>0000ff</pColor>
<pLink></pLink>
<pMile>0</pMile>
<pRes></pRes>
<pComp>60</pComp>
<pGroup>1</pGroup>
<pParent>0</pParent>
<pOpen>1</pOpen>
<pDepend></pDepend>
</task>

<task>
<pID>20</pID>
<pName>Criar uma Wiki para o projeto</pName>
<pStart>2015-08-11</pStart>
<pEnd>2015-09-15</pEnd>
<pColor>0000ff</pColor>
<pLink></pLink>
<pMile>0</pMile>
<pRes>Analista Junior</pRes>
<pComp>50</pComp>
<pGroup>0</pGroup>
<pParent>10</pParent>
<pOpen>1</pOpen>
<pDepend></pDepend>
</task>

<task>
<pID>30</pID>
<pName>Adicionar extensão de UML</pName>
```

```
<pStart>2015-08-19</pStart>
<pEnd>2015-08-21</pEnd>
<pColor>0001ff</pColor>
<pLink></pLink>
<pMile>0</pMile>
<pRes>Analista Senior</pRes>
<pComp>85</pComp>
<pGroup>0</pGroup>
<pParent>10</pParent>
<pOpen>1</pOpen>
<pDepend>20</pDepend>
</task>

</jsgantt>
```

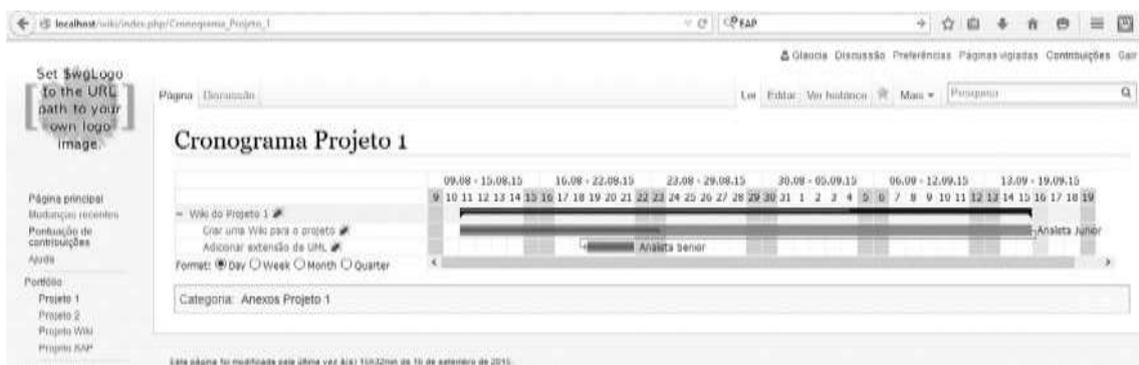


Figura 6 - Exemplo de gráfico de Gantt feito através da extensão JSWikiGantt

A extensão PlantUML permite a criação de diagramas de: casos de uso, sequência, classe, atividades, componentes e estados. Esses artefatos são indispensáveis para um levantamento de requisitos eficiente. A grande vantagem aqui é que eles são desenhados pela extensão e para fazer alterações basta apenas modificar os parâmetros. O que resolve o comum problema de se ter somente a imagem desses diagramas obrigando o analista a redesenhá-lo por completo para fazer uma pequena alteração.

A sintaxe é simples e o manual detalhado está disponível no site da MediaWiki, segue um exemplo de caso de uso:

```
<uml>
```

```
Usuário << Humano >>
```

```
:Banco de Dados: as MySQL << Aplicação >> (Começar) << Um clique >>
```

```
(Usar a Aplicação) as (Usar) << Principal >>  
Usuário -> (Começar) Usuário --> (Usar) MySql --> (Usar)  
</uml>
```



Figura 7- Resultado da Sintaxe de Caso de Uso.

A utilização de códigos padronizados facilita a criação de modelos (templates) desses artefatos para serem reusados em todos os projetos da empresa.

Além das extensões existentes é possível criar novas extensões, pois a MediaWiki possui um mecanismo de ganchos (*hooks*) que possibilita a intervenção do programador sem a necessidade de alterar o código fonte do núcleo do sistema.

3. DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO NA WIKI

Segundo o PMI (Project Management Institute - 2013) ou Instituto de Gerenciamento de Projetos um projeto é um conjunto de atividades temporárias, realizadas em grupo, destinadas a produzir um produto, serviço ou resultado únicos.

De acordo com o Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge* - 2013) 5ª edição, os grupos de processos do gerenciamento de projetos são cinco: Início, Planejamento, Execução, Monitoramento/Controle e Encerramento. E o conhecimento em gerenciamento de projetos é composto de dez áreas: Integração, Escopo, Custos, Qualidade, Aquisições, Recursos Humanos, Comunicações, Risco, Tempo e Partes Interessadas (*stakeholders*).

O volume de documentos gerados por todas as áreas do conhecimento é acrescido pelos artefatos da engenharia de software. Para essa documentação não se perder ou ficar obsoleta, colocá-la na wiki, garante versionamento e acesso fácil, além de um sistema de pesquisa de conteúdo muito eficiente.

A seguir relaciona-se os artefatos de gerenciamento de projetos a recursos das ferramentas wiki para registrá-los:

- Termo de Abertura do Projeto – Usar uma página Wiki básica;
- Equipe executora – Usar uma página Wiki, ou buscar os dados da equipe de outros bancos através da extensão SQL2Wiki;
- Atas de Reunião – Criar uma nova página para cada ata, através de uma predefinição (*template*) de ata de Reunião;
- Cronograma – Utilizar a extensão JSWikiGantt;
- EAP (Estrutura Analítica do Projeto) – Pode-se desenhar uma EAP utilizando a extensão *wokflow* ou importar a imagem da EAP do projeto para a página wiki e com a extensão ImageMaps é possível colocar um link sobre cada atividade da EAP;
- Plano de Projeto, – Usar uma página Wiki básica;
- Formulário de Mudança do Projeto – Utilizar predefinição, ou um formulário a partir da extensão: *Semantic Forms*.

Sempre adicionar a categoria com o nome do projeto (ou subcategoria relacionada) em cada página criada para que todos os artefatos fiquem conectados e relacionados ao mesmo projeto.

3.1. BENEFICIADOS PELA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS COLABORATIVAS

As ferramentas wiki trazem avanços concretos para os ambientes corporativos, os favorecidos estão elencados conforme figura 8 e as vantagens são melhor explicitadas no decorrer do texto.



Figura 8 – Quem se beneficia com as ferramentas wiki.

GERENTE DE PROJETO

Maior visibilidade dos resultados do levantamento de requisitos. Acompanhamento em tempo real do andamento da documentação, possibilidade de perceber antecipadamente qualquer desvio de escopo e reorientar a equipe. Mais uma ferramenta para disseminar informações para a equipe de forma rápida e prática.

Diminui a dependência do projeto em relação a presença de analistas específicos, pois se o trabalho está todo documentado na wiki o impacto no prazo e na produtividade do projeto será menor se estes analistas precisarem se ausentar repentinamente, porque há um ponto de partida e conhecimento do que foi feito e do que se tem a fazer, possibilitando uma substituição mais rápida e eficiente.

EQUIPE DO PROJETO

As vantagens para a equipe do projeto são: repositório único das informações e documentos, padronizado, versionado, controlado, seguro, colaborativo, rico em recursos e funcionalidades. Como por exemplo a aba discussão que permite a troca de ideias que ficam registradas junto ao documento.

Clientes e/ou Usuários

Pode ser mais um entregável a ser instalado no começo do projeto, para que o cliente possa alimentá-lo durante a implantação. Um bônus para que ele crie seus próprios manuais da aplicação que está adquirindo.

ESCRITÓRIO DE PROJETOS

Para Trentim (2012) PMO (*Project Management Office*) é uma unidade organizacional que pode assumir diferentes funções relacionadas ao gerenciamento de projetos, programas e portfólios. Idealmente, o PMO seria o elo de ligação das informações de planejamento estratégico da empresa e execução dos projetos, permitindo o alinhar as iniciativas no sentido de fazer as coisas certas (seleção, categorização e priorização de projetos) do jeito certo (aprovação do projeto, metodologia de GP, acompanhamento dos benefícios).

Segundo Almeida (2013) portfólio pode ser definido como um conjunto de projetos e/ou programas e outros trabalhos que são agrupados para facilitar o gerenciamento eficaz, a fim de atender aos objetivos de negócios estratégicos. Portfólios não são temporários como projetos e programas.

Os seguintes artefatos podem ser facilmente mantidos na MediaWiki: Termo de abertura do Portfólio, Plano de Gerenciamento do Portfólio, Planilha de Componentes, Cronograma do Portfólio, Planilha de Custos do Portfólio, Relação das Partes Interessadas, Matriz de Comunicação, Matriz de Riscos, Matriz de Papéis e Responsabilidades, Modelo de Governança, Relatório de Desempenho do Portfólio.

As vantagens para o escritório de projetos são: Base histórica detalhada de todos os projetos. Criação de modelos para padronização e apoio aos projetos da empresa.

EMPRESA

As organizações se beneficiam através da criação de ativo intelectual permanente, redução da dependência em relação a funcionários altamente especializados, conteúdo para formar novos especialistas. Aprimoramento constante da qualidade dos produtos e eficiência operacional dos projetos, em decorrência da evolução pela experiência independente da equipe ter sido renovada.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os projetos de software além de gerar um produto novo para empresa, podem também ser construtores de um poderoso ativo, o conhecimento. E que a cultura de alimentar uma ferramenta colaborativa como uma wiki corporativa garante o reuso desse conhecimento e conseqüentemente uma promoção do know-how (saber como) dos funcionários, que não precisam refazer todo o trabalho a cada projeto.

5. REFERÊNCIAS

Almeida, N. e Almeida, F. (2013) Metodologia de gerenciamento de portfólio: teoria e prática. Rio de Janeiro, Brasport.

Ferla, L. A. O que é Gestão do Conhecimento? Disponível em: <<http://knowtec.com/artigos/o-que-e-gestao-do-conhecimento/>>. Acesso em: jun. 2015.

MediaWiki.WelcometoMediaWiki.org.Disponívelem: <<https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>>. Acesso em ago. 2015.

_____.Extension:CategoryTree.Disponívelem:<<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:CategoryTree>>. Acesso em: set. 2015.

_____.Extension:Collection.Disponívelem:<<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:Collection>>. Acesso em: set. 2015.

_____.Extension:ContributionScores.Disponívelem:<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:Contribution_Scores>. Acesso em set. 2015.

_____.Extension:JSWikiGantt.Disponívelem:<<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:JSWikiGantt>>. Acesso em: set. 2015

_____.Extension:OpenAMDisponívelem:<<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:OpenAM>>. Acesso em: set. 2015.

_____.Extension:PlantUML.Disponívelem:<<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:PlantUML>>. Acesso em: set. 2015.

_____.Extension:SQL2Wiki. Disponívelem: <<https://www.mediawiki.org/wiki/Extension:SQL2Wiki>>. Acesso em: set. 2015.

Mekhilef, M.; Kelleher, D. e Olesen, A. (2003) European Guide to Good Practice in Knowledge ManagementChapter1Terminology.Disponívelem:<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/bf_bancos/e0002341.pdf>. Acesso em jun 2015.

Nonaka, I. e Takeuchi, H. (1997) Criação de conhecimento na empresa. Rio de Janeiro, Campus, 20ª Edição.

PlantUML. Drawing UML with PlantUML - Language Reference Guide (Version 5737). Disponível em: <<http://ufpr.dl.sourceforge.net/project/plantuml/PlantUML%20Language%20Reference%20Guide.pdf>>. Acesso em: set. 2015.

PMI (2013), A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 5ª Edição. Prado, D. (2012) Gerenciamento de Portfólios, Programas e Projetos nas Organizações. Nova Lima, Falconi, 5ª Edição.

Project Management Institute, Inc. O que é Gerenciamento de Projetos? Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUs/WhatIsProjectManagement.aspx>>. Acesso em set. 2015.

Rational Software Corp. Conjunto de Artefatos de Gerenciamento de Projeto. Disponível em: <http://www.wthreex.com/rup/process/artifact/ars_mgmt.htm>. Acesso em: set. 2015.

Rezende, J. F. et al. (2014) Gestão do conhecimento, capital intelectual e ativos intangíveis: teorias, métodos e debates sobre a geração de valor nas organizações contemporâneas. Rio de Janeiro, Elsevier, 1ª Edição.

Silva Filho, C. F. da e Silva, L. F. orgs. (2013) Tecnologia da informação e Gestão do conhecimento. Campinas, Alínea, 2ª Edição.

Sveiby, K. E. (1998) A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento. Rio de Janeiro, Campus.

Stewart, T. A. (1998) Capital intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas. Rio de Janeiro: Campus.

Trentim, M. H. (2012) Escritório de Projetos. Disponível em: <<http://blog.mundopm.com.br/2012/02/01/escritorio-de-projetos/>>. Acesso em: set 2015.

Wikimatrix. Disponível em: <<http://www.wikimatrix.org>>. Acesso em: dez. 2014.

_____. Programming Languages. Disponível em: <<http://www.wikimatrix.org/statistic/Programming+Languages>>. Acesso em ago. 2015.

Wikipédia. O que é um wiki. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?>

_____. C (linguagem de programação). Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/C_\(linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/C_(linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o))>. Acesso em: set. 2015.

_____.Java (linguagem de programação).Disponívelem:<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Java_\(linguagem_de_programação\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Java_(linguagem_de_programação))>. Acesso em: set. 2015.

_____. MySQL. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/MySQL>>. Acesso em: set. 2015.

_____. PHP. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/PHP>>. Acesso em: set. 2015.

_____. UML. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/UML>>. Acesso em: set. 2015.

_____. Wiki. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>>. Acesso em: ago. 2015.

WikiPorto.MediaWiki/Config/LocalSettings.Disponívelem:<<http://wikiporto.org/index.php?title=MediaWiki/Config/LocalSettings.php>>. Acesso em set. 2015.

ANEXO

¹PHP (um acrônimo recursivo para "PHP: *Hypertext Preprocessor*", originalmente *Personal Home Page*) é uma linguagem interpretada livre, usada originalmente apenas para o desenvolvimento de aplicações presentes e atuantes no lado do servidor, capazes de gerar conteúdo dinâmico na *World Wide Web*.

²Java é uma linguagem de programação interpretada orientada a objetos desenvolvida na década de 90 por uma equipe de programadores chefiada por James Gosling, na empresa Sun Microsystems

³ C é uma linguagem de programação compilada de propósito geral, estruturada, imperativa, procedural, padronizada pela ISO (*International Organization for Standardization*, ou Organização Internacional para Padronização), criada em 1972, por Dennis Ritchie, no AT&T Bell Labs.

⁴ O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês *Structured Query Language*).

⁵ Linguagem de Modelagem Unificada (do inglês, UML - *Unified Modeling Language*) é uma linguagem de modelagem que permite representar um sistema de forma padronizada.

Capítulo 4

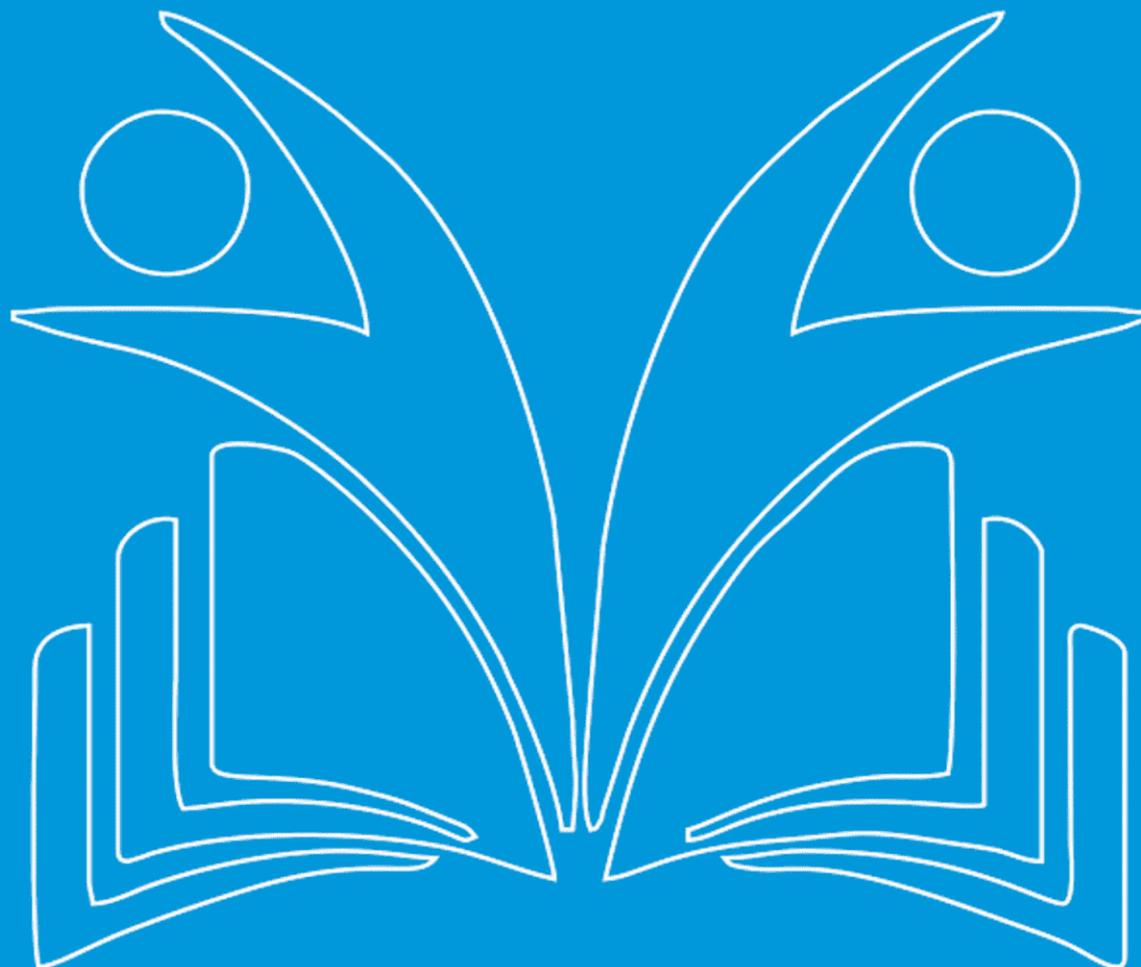


10.37423/220505896

BIOGÁS: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA COMO FONTES ENERGÉTICAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Elvino Ferreira

Universidade Federal de Rondônia



Resumo: Atualmente as questões ambientais fazem parte da preocupação social quanto a preservação do ambiente devido ao seu inapropriado descarte representar problemas de poluição com a possibilidade de comprometimento sanitário. Com as projeções indicativas de aumento da população mundial e, conseqüente aumento para a demanda de alimentos, a geração de resíduos também tomará parte deste cenário. Dentre as possibilidades de uso dos resíduos gerados no âmbito da produção de alimentos está o processo biofermentativo, com o qual se obtém energia, com possibilidade de ser empregada a veículos adaptados à gás, e biofertilizante, a ser empregado nos diferentes cultivos da propriedade agrícola. Este ensaio versa sobre a eficiência do processo biofermentativo abordando o uso de diversos substratos oriundos de agroindústrias.

Palavras chave: fermentação anaeróbica; biogás; energia; resíduos; reciclagem de nutrientes; menos poluente; sustentabilidade ambiental; resíduos de abate; alternativa energética.

INTRODUÇÃO

Tanto para o Brasil como para outros países, a questão energética tem sido motivo de preocupações devido aos problemas do uso de fontes não renováveis, geração de poluentes e impactos socioeconômicos e ambientais. Como forma alternativa para a produção de energia, o uso de biodigestores tem sido considerado benéfico em diversos países da comunidade econômica europeia além do Canadá, Estados Unidos, China e Índia (ANDREAZZI et al., 2017). Com o processo de geração de biogás há menor quantidade de resíduos no ambiente sendo este considerado pouco poluidor. Essa tecnologia pode ser realizada com recursos ou materiais simples (poços escavados ou tambores, e mesmo recipientes comercializados pela indústria com essa finalidade, entre outros), utilizando os mais diversos substratos como:

efluentes de abatedouro avícola (OLIVEIRA et al., 2011); cama e carcaças de frangos (ORRICO et al., 2010); dejetos de caprinos (ORRICO et al., 2011); de suínos (SOUZA et al., 2005; CERVI et al., 2010; VIVAN et al., 2010; ORRICO et al., 2015), dejetos da bovinocultura leiteira (AMARAL et al., 2004; XAVIER et al., 2010; ORRICO et al., 2016), da bovinocultura de corte (ORRICO et al., 2012), resíduos da bananicultura (SOUZA et al., 2010) entre outros. O biodigestor pode ter variadas dimensões além de poder ser instalados em áreas de difícil acesso em se considerando fontes tradicionais de energia. A produção de biogás pode ser direcionada para a produção de calor e eletricidade ou mesmo em biometano para uso em veículos para transportes públicos e privados (RABONI; URBINI, 2014).

A criação de animais promove uma concentração de dejetos e resíduos os quais, se não tratados adequadamente impactam negativamente o ambiente. Por outro lado, ele mesmo pode ser considerado um recurso disponível na propriedade, de baixo custo e de alto potencial de retorno econômico para agropecuária (SILVA et al., 2014). Aspectos regionais podem ser considerados quanto ao desenvolvimento e crescimento de certa atividade agropecuária. Para o caso de Rondônia, por exemplo, tem tido destaque na produção piscícola já que é o terceiro maior produtor de peixe no país registrando o volume de 65.500 toneladas em 2020 e com importante distanciamento do quarto colocado, Santa Catarina, com 51.700 toneladas produzidas (SNA, 2021). E com isso pode se pensar que, com a divulgação e adoção de uso de biodigestores nas propriedades rurais de Rondônia cria-se um suporte para aquisição de máquinas movidas a biometano, a serem lançadas no mercado nacional em futuro próximo, bem como o aproveitamento de resíduos possibilitando uso diversificado (calor, eletricidade, biocombustível, biofertilizante) gerando maior economia para o agronegócio e promovendo o desenvolvimento sustentável da propriedade.

Outros aspectos também podem ser considerados para outras culturas pecuárias como a suinocultura a qual tem incentivo de aumento para produção de suínos de corte devido a remodelagem da Câmara Setorial de Suinocultura do Estado de Rondônia objetivando a estruturação para núcleos de arranjos produtivos locais (Suinocultura Industrial, 2021). Para a suinocultura o potencial de redução de emissão de CO₂ equivalente ano⁻¹ é de 325,16 t, correspondendo à redução de emissão de 0,54 tCO₂eq animal⁻¹ ano⁻¹, e a possibilidade de ganho financeiro com a comercialização desses créditos de carbono (ANGONESE, CAMPOS, WELTER, 2007). A venda de créditos de carbono, estabelecida com o protocolo de Kyoto, movimentou 9,4 bilhões de euros em 2005. Em 2007 o banco belgo-holandês Fortis comprou os 808,45 mil créditos ofertados a US\$ 16,20 cada um, com ágio de 27,6% sobre o preço mínimo proposto na Bolsa de Mercadorias e Futuros de São Paulo (SALMINEM, 2007).

Além de questão financeira, cabe ressaltar que o metano é um gás inodoro, mais leve que o ar, asfixiante, inflamável e explosivo, requerendo extremo cuidado no seu manejo. Concentrações acima de 500 mil mg L⁻¹ (ppm) provocam dores de cabeça em humanos (ANGONESE, CAMPOS, WELTER, 2007). Para condições ambientais, a simples queima do gás metano, mesmo produzindo dióxido de carbono, é válida já que o CH₄ possui um impacto de efeito estufa cerca de 21 vezes maior do que o dióxido de carbono (CERVI et al., 2010). Portanto, a possibilidade de adoção de biodigestores nas propriedades rurais no âmbito de Rondônia e mesmo para a Amazônia, de maneira geral, parece ser de interesse.

REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é um importante centro de produção agropecuária, gerando com isso, diferentes resíduos com diversificado potencial de uso. Os resíduos de origem animal representam importante fonte de biomassa e em sua reciclagem está relacionada a sustentabilidade para os agroecossistemas. Seu direcionamento para fins energéticos mostra-se importante no ponto de vista econômico e ambiental. Assim, resíduos como: fezes, urina, cama de frangos, esterco de poedeiras, de suínos, de frangos de corte, da bovinocultura, carcaças e restos de alimentos tendem a se concentrar com o aprimoramento da atividade. Com isso pode ser verificado a geração de odores, a proliferação de insetos e roedores, a contaminação do solo e do lençol freático com seu arreste pelas chuvas além de outros problemas ambientais, comprometendo a higidez e a sanidade desses agroecossistemas.

A gestão desses resíduos como substratos para biodigestão representa uma maneira técnica que corrobora para redução dos problemas acima expostos bem como solução energética para a

agricultura familiar e agroindústrias. De forma geral, o aumento da demanda de alimentos e a redução da margem de lucro impõem aumento estratégico em produtividade. Com a modernização das estruturas agropecuárias se verifica maior consumo de energia elétrica, a qual se destina a controle da temperatura em criatórios de suínos e aves, nos equipamentos de ordenha, para o resfriamento do leite, na esterilização de equipamentos, na irrigação, entre outros.

Com o emprego de biodigestores se gera além de biofertilizantes o biogás, que pode ser utilizado no aquecimento e na geração de energia elétrica, pela queima do biogás em turbinas, microturbinas e em motores do ciclo Otto e diesel, devidamente adaptados. Considerada uma fonte de “energia limpa” e seu excesso pode ser comercializado na rede elétrica local, o que representa mais uma fonte de renda no sistema de produção.

ASPECTO AMBIENTAL

Em sistemas zootécnicos intensivos a concentração de animais geram problemas no descarte de dejetos caso esses não sejam feitos de forma adequada. A capacidade poluente dos dejetos de suínos, por exemplo, é superior à de outras espécies e, em termos comparativos, um suíno equivale a 3,5 pessoas, em média se tomado o conceito de equivalente populacional (CANCELIER et al., 2015). Dentre os problemas advindos, maus odores e proliferação de insetos e roedores, disseminação de patógenos, contaminação de solo e águas estão relacionados (AMARAL et al., 2004).

Das alternativas para essa questão está o uso de biodigestores. Esse sistema de tratamento de resíduos possibilita a redução da quantidade de lodo, de seu potencial poluidor e de riscos sanitários, possibilita também a reciclagem de nutrientes usados como biofertilizantes e o aproveitamento de biogás para geração de energia, sendo o investimento e o custo operacional baixo (CANCELIER et al., 2015). Águas residuárias animais inadequadamente tratadas representam risco aos recursos hídricos e na saúde humana (CANON-FRANCO et al., 2012).

Ambientalmente, o discurso pela sustentabilidade ganhou importância mundial com a defesa de que a obtenção de recursos energéticos pelas nações deve priorizar o baixo custo e o menor impacto ambiental possível, de modo que esses países se posicionem melhor em relação àqueles que ainda mantêm suas bases energéticas majoritariamente em energia não renovável, por exemplo. Neste contexto, o modelo de produção de biocombustíveis ganha importância e atenção, por se tratar de um modelo de sucesso de aproveitamento de energia mais limpa e renovável (SEGURA, 2014), o que também é de interesse para região Amazônica.

Outra questão importante se refere à problemática dos resíduos sólidos. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, trouxe visibilidade às questões ambientais fazendo com que as questões sobre os impactos do desenvolvimento nos ecossistemas e saúde do homem viessem à serem discutidas e popularizadas. Com isso, cada vez mais se busca ações que minimizem as alterações no sistema climático do planeta, causada pelo Homem, com intuito de garantir a sobrevivência da vida na Terra.

BIODIGESTÃO

A biodigestão anaeróbia se desenvolve pela interação de diversos microrganismos que degradam diversos componentes orgânicos produzindo metano (CH_4 - 60 a 80% v/v) e dióxido de carbono (CO_2 - 20 a 40% v/v), principalmente, além de outros gases como sulfeto de hidrogênio (H_2S); Nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2) e monóxido de carbono (CO) (SOUZA et al, 2010; ORRICO JÚNIOR, et al., 2012). A biodigestão é um método eficiente no tratamento dos dejetos, por estabilizar a matéria orgânica, reduzir odores desagradáveis, reduzir o número de microrganismos patogênicos, melhorar as propriedades fertilizantes dos dejetos, ocupar pequeno espaço físico, ser um processo de fácil controle, ter a possibilidade de ser um sistema descentralizado de tratamento de resíduos além de produzir energia - o biogás (ANGONESE, CAMPOS, WELTER, 2007; ORRICO JÚNIOR, ORROCO, LUCAS JÚNIOR, 2010; ORRICO JÚNIOR, et al., 2012).

As reduções dos constituintes sólidos estão diretamente associadas às produções de biogás e neste processo, fatores como: temperatura, pH, teores de sólidos totais, qualidade do material e mesmo inóculo influenciam a biodigestão (CASTRO; CORTEZ, 1998; MASSÉ et al., 2008). Dentre eles a qualidade do material se relaciona de forma direta a produção de biogás. Essa qualidade envolve o tipo de alimentação dos animais, as diferenças de manejo em relação aos animais mantidos em pastagens e a aqueles suplementados com concentrados, mas sem diferença para genótipos, como apontado para Canchim e Nelore (ORRICO JUNIOR et al., 2010). Também em caprinos leiteiros confinados seus dejetos produziram maiores quantidades de biogás e metano em relação aos criados extensivamente (ORRICO et al., 2007).

Na dinâmica de produção de biogás, o pH ideal está entre 6,0 a 8,0. Para o início do processo os níveis de pH menores que 7 ocorrem devido a formação de ácidos orgânicos e, como sua transformação em produtos gasosos o pH retorna a níveis próximo a neutralidade. Para situação em que o pH se torne

muito ácido recomenda-se a adição de modificadores a fim de não haver comprometimento na produção de metano (CASTRO; CORTEZ, 1998).

Em termos térmicos o processo pode ocorrer entre 10 a 60° C de acordo com a colonização bacteriana (< 20° C criofílicas, entre 30 a 40° C mesofílicas e entre 45 a 60° C termofílicas) (CASTRO; CORTEZ, 1998), contudo, a temperatura de 35° C, com o uso de dejetos de suínos em terminação é referida como a que promoveu a melhor produção de biogás (115,5 L) com menor tempo de retenção hidráulica (28,13 dias) para um teor médio de 6% de sólidos totais (SOUZA et al., 2005).

BIODIGESTÃO DE DEJETOS DE BOVINOS

Para o esterco bovino a faixa de metabolismo mesófilo (30 a 40° C) é registrada na literatura como a de maior eficiência, não só para a produção de biogás, mas também para a degradação de sólidos do esterco bovino (CASTRO; CORTEZ, 1998). O rendimento da biodigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos pode gerar até 370 litros de biogás de e 250 litros de metano por kg de sólidos voláteis - SV (ORRICO et al., 2016).

A composição alimentar também é importante. Em avaliação de produção e biogás em dejetos de novilhos superprecoces recebendo dietas diferenciadas, aquela que era composta de 80% de concentrados e 20% de volumoso apresentou os melhores resultados quanto à redução de sólidos totais (33,7%), voláteis (35,2%) e geração de biogás, sendo esse de 0,2123 m³ por kg de ST adicionado (COSTA et al., 2013). No uso de esterco de bovinos leiteiros em biodigestores alimentados continuamente e com volume de substrato de 5.500 L (8% ST e 40 dias TRH) a produção de biogás foi de 0,025 m³ kg⁻¹ de esterco ou 0,1127 m³ kg⁻¹ de ST adicionados (AMARAL et al., 2004).

BIODIGESTÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Em suinocultura o dejetos pode ser de composição bastante variável devido ao quantitativo e das diferentes fases de criação, nutrição, manejo, entre outros. Entretanto, para o processo da biodigestão recomenda-se a alimentação de sólidos voláteis (SV) a uma carga máxima aceitável de 1 a 3 kg m⁻³d⁻¹ de SV (KASHYAP et al., 2003). Mesmo em quantidades menores (0,55 kg SV m⁻³ dia) com substrato caracterizado com pH 7,1; DQO 41889 mg L⁻¹; N- NH₃ 2640 mg L⁻¹; P_{total} 1088 mg L⁻¹; sólidos totais 25,79 g L⁻¹ e sólidos voláteis 24,78 g L⁻¹, foi produzido gás de boa qualidade com 68,75 %_{v/v} em metano e 40,7_{ppmv} em H₂S, com possibilidade de uso, tanto para geração de calor quanto de energia elétrica. Com o tempo de retenção hidráulico de 45 dias observou-se a remoção de 24,16% dos ST e 34,65% de SV (VIVAN et al., 2010).

BIODIGESTÃO DE DEJETOS DE POEDEIRAS, CAMA DE FRANGOS E CARCAÇAS DE AVES

Nos dejetos de aves de postura encontram-se carboidratos e proteínas solúveis, o que é de interesse para o processo anaeróbio de biodigestão, contudo, com sua excreção ocorre a oxidação dos seus constituintes, sendo essas frações as mais degradadas e, portanto, é verificada, por exemplo, perda de cerca de 20% nos sólidos voláteis com dejetos acumulados e armazenados por 22 dias, influenciando assim no potencial de produção de biogás (FARIA et al., 2012).

Para os resíduos da avicultura de corte a literatura registra a potencialidade de produção de metano com o uso de carcaça de aves ($0,20 - 0,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4.\text{kg}^{-1}$), de cama de frangos ($0,10 - 0,15 \text{ m}^3 \text{ CH}_4.\text{kg}^{-1}$), de penas ($0,05 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4.\text{kg}^{-1}$), de sangue ($0,10 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4.\text{kg}^{-1}$) e de vísceras, pés e cabeça ($0,30 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4.\text{kg}^{-1}$) (SALMINEN; RINTALA, 2002).

Para o processo de biodigestão com resíduos de aves mortas e cama pré-compostadas por 60 dias, obteve-se que a produção acumulada de biogás foi de $0,559 \text{ m}^3$ (em 98 dias TRH), observando-se a redução de 44,05% dos sólidos voláteis. Os autores comentam que maiores produções podem ser obtidas ($1,46 \text{ m}^3$) em função da inoculação do material e também o uso de carcaças frescas em reatores com temperatura de 31°C , em tempo de retenção hidráulico de 100 dias (ORRICO JÚNIOR, ORRICO, LUCAS JÚNIOR, 2010).

SUBSTRATOS VEGETAIS BIODIGERÍVEIS

Diversos substratos podem ser empregados para geração de biogás. Na literatura há registros de que, com rejeitos de hortifrúti podem ser produzidos 2.067 L d^{-1} de biogás, com produtividade de $51,6 \text{ L kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Com a avaliação do efeito do teor de sólidos totais (ST) no meio de fermentação e do tempo de retenção hidráulico (TRH) obteve-se que maior velocidade de produção de biogás foi de $2,62 \text{ L}^{-1}\text{dia}^{-1}$ com rendimento em biogás de $594,96 \text{ L kg}^{-1} \text{ ST}$ e concentração de CH_4 de 55% v/v nas condições operacionais de $\text{ST} = 6\% \text{ m/m}$ e TRH de 12 dias (SOUZA et al., 2010).

Com resíduos de cascas de banana pode ser alcançado o rendimento entre 65 a $127 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ de sólidos totais. A banana *in natura* pode gerar $9,22 \text{ L kg}^{-1} \text{ ST}$ e quando da utilização de seu pseudocaule tratado para redução de fibras, o rendimento de biogás obtido foi de $271 \text{ L kg}^{-1} \text{ ST}^{-1}$. A combinação de cascas (50% m/m), pseudocaule (25% m/m) e folhas (25% m/m) proporciona rendimento médio de biogás de $244 \text{ L CNTP kg}^{-1} \text{ ST}$. Não servindo o engaço como substrato para biodigestão e, mesmo o tratamento prévio com ácido sulfúrico gerou a formação de ácido sulfídrico (H_2S) acarretando odor desagradável, corrosão e inibição da produção de metano (SOUZA et al., 2010).

EFLUENTE DA BIODIGESTÃO

Em suinocultura a produção de dejetos pode representar de 8 e 10% da massa dos animais compreendidos na faixa de peso de 97 a 57 kg o que gera entre 7,6 e 5,7 L de dejetos por suíno por dia (ANGONESE et al., 2006). O efluente da biodigestão pode ser utilizado como fertilizante para culturas agrícolas após sua produção e esse deve ser armazenado em outros recipientes que poderão ser esgotados a cada 15 dias (CASTRO; CORTEZ, 1998).

Em relação ao processo biodigestivo pode ocorrer à redução dos níveis de fósforo total disponível em função de sua precipitação com cálcio. Para o nitrogênio grande parte pode ser perdida pelo mecanismo de volatilização de amônia devido ao elevado pH, ficando a concentração de nitrito e nitrato em nível menor que 1 mg L^{-1} de N (VIVAN et al., 2010).

ASPECTO SANITÁRIO

Para os resíduos da avicultura de corte (cama + aves mortas) a biodigestão pode representar um modo eficiente de eliminação de patógenos conseguindo a redução de 97,9% dos coliformes termotolerantes e 100% dos coliformes totais, mesmo quando o processo se desenvolve em baixas temperaturas como de 20°C , sendo tal eficiência relacionada à temperatura e ao Tempo de Retenção Hidráulica - TRH (ORRICO JÚNIOR, ORRICO, LUCAS JÚNIOR, 2010).

Para a biodigestão de dejetos de poedeiras observou-se reduções de 100% no número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes ao final de 150 dias de processamento (FARIAS et al., 2012). Os autores ainda comentam que para *Fasciola hepática*, presente em dejetos de bovinos, pode ser eliminado com período de retenção hidráulica mínimo de 42 dias, habilitando o biofertilizante para uso sem causar problemas quanto à saúde humana e animal.

Para fins de utilização desse efluente para irrigação de hortaliças e frutíferas a avaliação pelo número mais provável (NMP) de microrganismos não deve ser maior que 10^2 100 mL^{-1} de biofertilizante (CONAMA 357/2005). As regulamentações em saúde identificaram *Escherichia coli* como o principal indicador fecal para avaliar a qualidade da água relacionada a humanos (MS/Portaria 2914/2011).

Contudo, há ressalva para parasitos que, mesmo com o a fermentação anaeróbica promovida pela biodigestão verifica-se a presença de agentes etiológicos como: *Isospora suis*, *Eimeria suis*, *E. espinosa*, *Strongyloides ransomi*, *E. perminuta*, *E. cerdonis* e *E. porci*. Embora observada uma redução de 65,6% dos parasitas, estes níveis são insuficientes e mesmo podem ser conflitantes em relação à qualidade da água devendo ser usados com restrição (CANON-FRANCO et al., 2012).

A presença de ovos de helmintos pode ser considerada como indicadores importantes para estabelecer a qualidade de diferentes tipos de águas residuárias, já que os efluentes de biodigestores mesofílicos podem veicular contaminação de nematodeos gastrintestinais (*Cooperia*, *Haemonchus*, *Oesophagostomum* e *Trichostrongylus*) para culturas e pastagens com período de retenção hidráulica menor que 30 dias (FURLONG, PADILHA, 1996; AMARAL et al., 2004). Efluentes processados em temperaturas entre 20 a 30° C com tempo de retenção ≤ 56 dias devem ser destinados a áreas de fenação ou ensilagem a fim de diminuir os riscos de surtos de verminose clínica, comenta os autores.

ASPECTO LEGAL

Os dejetos suínos apresentam pêlos, vísceras, sangue, restos de carne e gordura e esterco que pertencem à Classe II A - não inerte, de acordo com a NBR 10004:2004. Também, pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, o resíduo sólido suíno é classificado quanto à origem (como resíduos agrossilvopastoris) e quanto à periculosidade (resíduo não perigoso).

Alguns estados brasileiros têm preocupação específica quanto ao uso de energias renováveis, por exemplo, o Decreto 58.659 de dezembro de 2012, institui o programa paulista de biogás, com o intuito de incentivar a ampliar a participação deste recurso na matriz energético do Estado (BORSCHIVER; SILVA, 2014).

BIOFERTILIZANTE EM ALGUMAS CULTURAS COMERCIAIS

O aporte de biofertilizante ao solo pode ser de interesse na produção vegetal uma vez que ele age como condicionador de solo promovendo melhorias quanto às características de porosidade, capacidade de retenção de água, estrutura e aeração, além do aporte de nutrientes. Para o biofertilizante oriundo de esterco de poedeiras com 55 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH) a dose de 50 m³ ha⁻¹ promoveu superior desenvolvimento de folhas, colmos e raízes gerando mais matéria natural e matéria seca (MS) para *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e cv. Marandú. Com doses de 100 e 150 m³ ha⁻¹ ocorreu a morte das plantas, explicada pela toxidez devido ao excesso de nitrogênio (SILVA et al., 2014).

Em estudo de composição de substratos com biofertilizante oriundo de biodigestão de esterco bovino, com tempo de retenção hidráulica de 50 dias, em meloeiro (*Cucumis melo* L. cv. Bonus²) observou-se maior e mais rápido crescimento vegetativo da planta. A substituição de adubos minerais pelo biofertilizante não alterou o crescimento vegetativo, mas proporcionou maior precocidade na colheita, com frutos maiores e maior produtividade (VILLELA Jr., et al., 2007).

Já para o cultivo do milho, a aplicação superficial de diferentes doses de biofertilizante suíno (0; 40; 80; 120; 160; 200 e 240 m³ ha⁻¹) em Oxisol (pH_{CaCl2} 5,5; MO 26 g dm⁻³; P Mehlich 39 g dm⁻³; CTC 7,3 cmolc m⁻³; V% 73; argila 500 g kg⁻¹ e silte 170 g kg⁻¹ – dados da camada 0- 20 cm), não alterou os atributos químicos do solo e não influenciou na produtividade de milho (BÓCOLI et al., 2016).

Em estudo hidropônico com pimentão vermelho híbrido 'Margarita' usando-se três soluções para fertirrigação (solução nutritiva mineral; solução nutritiva à base de efluente de biodigestor, complementada com fertilizantes minerais e solução nutritiva à base de efluente de biodigestor), resultou em que a substituição parcial de fertilizantes minerais pelo efluente não foi suficiente para proporcionar produtividade equivalente à adubação 100% mineral; entretanto, alcançou padrões de qualidade semelhantes e com boa produtividade. Ressaltam os autores que seu emprego pode ser considerado uma alternativa para redução de custos e de se evitar descarte desse material no ambiente (FACTOR et al., 2008).

BIOGÁS

Em função dos substratos utilizados o poder calorífico do biogás é variado, podendo compreender uma faixa entre 22.500 a 25.000 kJ m⁻³ o que pode equivaler a 0,80 kg de carvão vegetal, 1,5 kg de lenha; a 0,55 L de óleo diesel; a 0,45 de gás liquefeito de petróleo (GLP) e 1,43 kWh de energia elétrica (SOUZA et al., 2010). Na literatura há outras referências relacionando a produção de gás com o esterco animal, como: 0,0305 m³ dia⁻¹ para caprinos; 0,6 m³ dia⁻¹ para bovinos e 0,356 m³ dia⁻¹ para suínos. De modo geral o poder calorífico do biogás é de 5,5 kWh m⁻³ (CALZA et al., 2015). Em outras estimativas na base seca, tem-se: 270 m³ Mg⁻¹ (megagrama) para bovinos; 560 m³ Mg⁻¹ para suínos; 260 m³ Mg⁻¹ para equinos; 250 m³ Mg⁻¹ para ovinos e 285 m³ Mg⁻¹ para aves (CERVI et al., 2010). Comenta os autores que em função do percentual do metano na composição do biogás, o poder calorífico pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, podendo chegar a 12.000 kcal m⁻³ caso seja eliminado todo o gás carbônico da mistura.

Há, nos diferentes resíduos da agroindústria, um grande potencial para geração de energia, por exemplo, no Oeste do Paraná estima-se que com os resíduos provenientes da avicultura (382.021 Mg ano⁻¹) possa ser gerado 142 MWh ano⁻¹, sendo esse recurso maior (155 GWh ano⁻¹) quando se considera os resíduos da suinocultura (870.137 Mg ano⁻¹) (SOUZA et al., 2006). A composição típica do biogás é apresentada no quadro a seguir.

QUADRO 1 - Composição típica do biogás

Gás	Símbolo	Concentração no biogás (%)	Limites de inflamabilidade ¹
Metano	CH ₄	50 – 80	5 a 15% <small>volume</small>
Dióxido de carbono	CO ₂	20 – 40	Nenhum
Hidrogênio	H ₂	1 – 3	-
Nitrogênio	N ₂	0,5 – 3	Nenhum
Gás sulfídrico	H ₂ S ₂	1 – 5	4 a 46% <small>volume</small>
"Outros"	CO, NH ₃	Traco	-
Vapor d'água	H ₂ O	Saturado	Nenhum

1 – Ou limite explosivo inferior e superior, correspondem à % mínimo e máxima numa mistura ar/combustível para as quais se obtém combustão. Fonte: Mercado (2010) citando outros autores.

Além do aproveitamento do biogás como fonte de energia, a utilização dos resíduos sólidos orgânicos como fonte de biogás apresenta grande importância na redução dos impactos ambientais antrópicos, uma vez que contribui para o controle das emissões de metano na atmosfera, já que este possui o potencial de aquecimento global vinte e cinco vezes maior que o gás carbônico (REIS, 2012).

Segundo o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB (2003) há duas situações que possibilitam o uso do biogás, sendo elas: a queima direta, viabilizando sua utilização como gás de cozinha e à conversão em eletricidade. É possível sua utilização em fogões, motores, lâmpadas e geladeiras a gás, podendo ser considerado uma das fontes energéticas mais econômicas e de fácil aquisição pelas pequenas propriedades rurais. A principal vantagem do biogás quando comparado a outros combustíveis como petróleo ou gás natural, é o fato de ser uma fonte de energia renovável, uma vez que é produzida pela degradação de resíduos orgânicos.

Na literatura há outras referências relacionando a produção de gás com o esterco animal, como: 0,0305 m³ dia⁻¹ para caprinos; 0,6 m³ dia⁻¹ para bovinos e 0,356 m³ dia⁻¹ para suínos. De modo geral o poder calorífico do biogás é de 5,5 kWh m⁻³ (CALZA et al., 2015). Em outras estimativas na base seca, tem-se: 270 m³ Mg⁻¹ para bovinos; 560 m³ Mg⁻¹ para suínos; 260 m³ Mg⁻¹ para equinos; 250 m³ Mg⁻¹ para ovinos e 285 m³ Mg⁻¹ para aves (CERVI et al., 2010). Comenta os autores que em função do percentual do metano na composição do biogás, o poder calorífico pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, podendo chegar a 12.000 kcal m⁻³ caso seja eliminado todo o gás carbônico da mistura.

PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS¹

Normalmente não se faz necessária a purificação do biogás quando destinado a queima direta, contudo, a purificação é de interesse quando se almeja a atender as especificações técnicas de equipamentos ou seu uso em veículos automotivos.

O poder calorífico do metano puro, em condições normais (pressão a 1,0 atm e temperatura de 0°C) é de 9,9 kWh m⁻³. No processo biofermentativo, outros gases participam da mistura ficando e a concentração de metano geralmente se encontra entre 50% e 80%, o que, conseqüentemente, gera um poder calorífico inferior², entre 4,95 a 7,9 kWh m⁻³, e podendo ser considerado como média de seu o valor 5,5 kWh m⁻³ (SOUZA et al., 2006). A purificação do biogás é de interesse no sentido de aumentar seu poder calorífico e mesmo reduzir o poder corrosivo relacionado a presença do ácido sulfídrico (H₂S > 50 ppm) (SOUZA et al., 2006; MERCADO, 2010), siloxanos, água, oxigênio, nitrogênio e partículas em suspensão, já que tais impurezas, mesmo em baixas concentrações, podem levar a problemas de corrosão e desgaste mecânico de equipamentos (BORSCHIVER; SILVA, 2014). Para o sulfeto de hidrogênio sua combustão em motores, por exemplo, leva a formação de dióxido de enxofre, o qual promove efeitos ambientais prejudiciais (MERCADO, 2010).

Uma das formas de purificação está no uso de “colunas recheadas” as quais podem ser representadas por um casco cilíndrico, uma placa perfurada para suportar o recheio e facilitar distribuição do solvente, a fim de aumentar a superfície de contato e melhorar sua absorção. Elas são de construção simples e podem ser usados como recheios carbono, aço, cerâmica ou polietileno. Comenta os autores que o preenchimento das colunas é um importante fator no custo de construção e que diâmetros acima de 60 cm se mostram inviáveis quando preenchidos. Também alertam sobre a dificuldade de descrição matemática a respeito da estrutura interna do equipamento, da razão líquido-gás, do solvente, entre outros (SOUZA et al., 2006 citando outros autores).

Dentre os solventes utilizados citam-se o polietileno glicol (alta solubilidade de CO₂ e H₂S) e mesmo a água (para CO₂) quando considerado o custo de aquisição (SOUZA et al., 2006), carvão ativado (H₂S, N₂, O₂ e siloxanos), peneira molecular ou zeólitas (N₂, O₂), mistura líquida de hidrocarbonetos (siloxanos) Alumínio e sílica-gel (siloxanos) entre outros (BORSCHIVER; SILVA, 2014). Alguns dados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1: Solubilidade de gases em água em relação à temperatura

	CO ₂	H ₂ S	CH ₄
20	878	2.582	33,8
25	760	2.282	30,0
35	592	1.831	25,4

Fonte: CCE (2000) apud Souza et al., (2006)

A determinação da circulação do solvente pode ser estimada pela equação:

$$V_L = \frac{V_B \times N}{S \times P \times 100}$$

Onde:

V_L = vazão de água necessária (L min.⁻¹)

V_B = vazão de biogás (cm³ min.⁻¹)

S = solubilidade do CO₂ em água (cm³ L⁻¹ atm⁻¹)

P = Pressão de operação (atm)

N = nível de CO₂ no biogás (%)

Em experimento avaliando a purificação de biogás (com 33% de CO₂ na vazão entre 190 a 650 cm³ s⁻¹) em relação à utilização de água como solvente (vazão: 0,200 L s⁻¹) a temperatura de 25° C e pressões de serviço entre 300 a 500 kPa, Souza et al., (2006) obtiveram uma redução de 15,3% na concentração de CO₂ (em 480 kPa a uma vazão de biogás de 207 cm³ s⁻¹). Tal resultado é de interesse uma vez que 10% CO₂ na mistura representa cerca de 1kWh m⁻³ a menos no poder calorífico do biogás. No processo de purificação se estimou que houve a redução na densidade do biogás purificado (0,88 para 0,71 kg m⁻³) contudo, com o aumento de 4,33 kWh kg⁻¹, ou seja, cerca de 57% no poder calorífico por unidade de massa. Tais resultados, em relação ao nível de metano, se enquadram no patamar estabelecido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) possibilitando sua utilização com as mesmas finalidades empregadas com o gás natural, exceto gás natural veicular (GNV), comenta os autores. Técnicas utilizando membranas em alta pressão podem produzir biometano com 96% de pureza (BORSCHIVER; SILVA, 2014).

Substâncias alcalinas, como hidratadas, reagem com gases ácidos como H₂S, SO₂, CO₂, sulfetos carbonila e mercaptanas em reações de neutralização. Seu uso se dá tanto em lavadores de gases a base de líquidos como em leitos fixos de grânulos sólidos alcalinos. Contudo, o uso de óxido de ferro (Fe₂O₃) granular também é de interesse na remoção do H₂S. Cita-se que a “esponja de ferro” (óxido

de ferro hidratado: limalha de ferro, cavacos e palha de aço) é um dos métodos mais antigos e simples e de baixo custo, originados na Europa, e ainda é empregado para purificação de biogás. Lasca de madeiras impregnadas com óxido de ferro também podem ser usadas para aumentar a relação superfície-volume, e estima-se que 20g de H₂S pode ser removida pelo uso de 100g de lascas de madeira impregnadas. Em avaliação para remoção de H₂S (1000 a 3000 mg L⁻¹) de biogás o uso de óxido de ferro (5,8kg; 85% grãos menores que 4,76 mm; vazão de 0,2 m³ h⁻¹) promoveu sua remoção em até 99%, atendendo as especificações técnicas de combustível para motores, ou seja, limite permitido de 100 mg L⁻¹ (MERCADO, 2010).

EMPREGO EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Para o cenário internacional (Comunidade Econômica Europeia) há apoio ao desenvolvimento de programas para energias renováveis com foco na produção de biocombustíveis. Há a estimativa de que a produção (16,9 milhões Mg ano⁻¹) aumentará significativamente (41 milhões Mg ano⁻¹ em 2025). Na abordagem macroeconômica a produção de bioetanol dificilmente poderá ser aumentada já que esses processos não são competitivos em custos com o bioetanol da cana-de-açúcar produzida no Brasil. Assim o foco é o de promover a produção de biogás destinado à geração de eletricidade e calor, e o biometano, para rede de gás natural e combustível veicular (RABONI; URBIBI, 2014). No Brasil registra-se iniciativas para utilização de biometano, desde meados de 1980 pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (ETE Franca/SABESP), ocorrendo no território nacional outras iniciativas como da Cooperativa de Agricultores Ecológicos do Vale do Caí - RS; do Parque Tecnológico Itapú e Cento Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CiBiogás), ambas no PR; o Aterro Dois Arcos-RJ, por exemplo (MIKI, 2018).

Com relação às máquinas, há a possibilidade de adaptação de motores para o uso de combustível alternativo. No caso de um trator, por exemplo, a adaptação constou de uma válvula redutora e dosadora de baixa pressão associada ao mecanismo de aceleração da bomba injetora, sem modificações técnicas do motor. Isso possibilitou a avaliação da injeção de biodiesel (31%) associado à biometano purificado (96% CH₄) constatou-se a redução de apenas 1,4% na potência do motor (SILVA et al., n.i.).

O grau de interesse nestas tecnologias é grande e já está sendo divulgadas em feiras agropecuárias internacionais, como por exemplo, nos USA na qual foram apresentados tratores e colheitadoras movidas a biometano. Essas máquinas operam com a mesma potência de torque do motor a diesel,

mas com redução de custo de 30% (https://www.youtube.com/watch?v=5mQ7v9L_A4A Acesso em 24.05.2018). Tal novidade já se encontra em teste na América Latina, especificamente no Paraná-BR em propriedade que usa esterco de poedeiras e de bovinos. Como esses dejetos necessitam serem tratados os proprietários resolveram investir com o intuito de garantir energia elétrica e gerar o próprio combustível. Relata a reportagem que o trator em teste possui tanque com 300 L de biometano comprimido e tem capacidade operacional de 6 horas por dia, além de reduzir 80% do CO₂ emitido em comparação ao trator convencional. Relata-se que em quatro anos essa tecnologia estará disponível no mercado brasileiro (<https://www.youtube.com/watch?v=sc53wvn7r0A>), representando uma economia para o agricultor entre 5 a 40% do custo do diesel comercializado nos postos de combustível (<https://www.youtube.com/watch?v=vbJP5G8yf3U>).

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A adição de nutrientes ou mesmo a combinação de substratos no sistema de produção de biogás pode proporcionar uma redução significativa do tempo de retenção hidráulico (TRH) e também promover aumento no rendimento e na qualidade do biogás produzido.

Na literatura registra-se que, em efluente de destilaria para produção de etanol, alguns sais como de níquel e ferro são eficientes na remoção da demanda química de oxigênio (DQO), sendo os melhores resultados obtidos quando usados isoladamente: 81 e 72%, respectivamente. Contudo o emprego de FeSO₄.7H₂O, NiSO₄.6H₂O e MnSO₄.4H₂O em dejetos de suínos em fase de terminação (70,6% p/v) resultou em diminuição da eficiência (<71%) de produção de biogás. Comenta os autores que dependendo dos níveis de concentração ocorrem efeitos inibitórios ou mesmo tóxicos a microbiota e que melhores rendimentos na produção de biogás podem ser obtidos na faixa de 6 a 18 mg L⁻¹ para sulfato de ferro, entre 0,4 a 3,2 mg L⁻¹ de sulfato de níquel e 0,6 a 4,8 para sulfato de manganês havendo níveis menores em relação a combinação destes sais para o estudo de superfície de resposta (CANCELIER et al., 2015).

Para os dejetos da bovinocultura leiteira a biodigestão produz menores quantidades de biogás em função das fezes possuir elevada fração fibrosa e baixa relação C:N, apresentando rendimentos inferiores aos dos suínos.

Os dejetos da bovinocultura leiteira podem ser caracterizados por apresentar baixa carga orgânica e elevado teor de N amoniacal. Tais características podem limitar o processo de biodigestão, contudo, sua codigestão com lipídeos (aporte orgânico e com baixos teores de N) podem proporcionar um

ajuste nos substratos e no processo, acarretando melhorias na produção de biogás. Para os dejetos de bovino separadamente, podem produzir até 370 litros de biogás e 250 litros de metano por kg de SV, já com sua codigestão há um incremento em até 41,1% os rendimentos de biogás e metano (ORRICO et al., 2016).

Em relato em que os dejetos da limpeza do curral de bovinos de leite (ST 19,2%; SV 80,9%, DQO 592 g de O₂ kg⁻¹ e NMP de coliformes totais e termotolerantes 3,17 x 10⁷ por 100 gramas de dejetos), foram estudados com níveis de inclusão de óleo de descarte proveniente de pastelaria (ST 98%; DQO 2000 g de O₂ L⁻¹) nas proporções de 0; 2; 4; 6; 8; 10 e 12% em relação ao ST, obteve-se que, entre 4,4 e 6,5% de inclusão ocorreu os maiores incrementos na produção de biogás e com reduções de sólidos totais e matéria fibrosa. O nível de 5,74% gerou a máxima redução de DQO (82,88%) ocorrido neste estudo (ORRICO et al., 2016).

As inclusões de 5,4 e 6,1% de óleo têm potenciais de produzir 222,9 e 263,6 litros de biogás por kg de ST e SV adicionados. Comparativamente, essas adições foram superiores em 10,8 e 5,5% aos rendimentos observados para a dose contendo 0% de óleo. Em termos potenciais o rendimento de biogás a partir dos dejetos de suínos pode gerar até 684 litros de biogás por kg de sólido volátil (SV) adicionado, em um período de retenção igual a 30 dias. Já com o acréscimo de 0,5% de óleo de descarte podem ser obtidos 716 litros de biogás por kg de SV adicionado, em igual período de tempo (ORRICO et al., 2016). Também comenta os autores que para o caso da codigestão de substratos com óleo, cabe ressaltar possíveis problemas quanto a seu acréscimo excessivo, tais como: entupimento da tubulação, dificuldade de solubilidade dos substratos em função da separação de fases, flotação da biomassa e possível toxidez pela presença de ácidos graxos de cadeia longa, comprometendo o processo.

No sentido de aperfeiçoar o processo biodigestivo avaliou-se a inclusão de inóculo (material já biodegradado e rico em microrganismos) nos níveis de 0; 20; 30 e 40% v/v para esterco de vacas leiteiras em lactação mantidas em sistema semi-intensivo ordenhadas duas vezes por dia. Os animais eram alimentados com silagem de milho e os dejetos praticamente não possuíam cama. Os tempos médios de retenção hidráulica foram de 75 e de 150 dias para os testes sem inoculação. As maiores produções de biogás ocorreram com maiores temperaturas médias do ar e com uso de 40% de inóculo, de 0,07 m³ de biogás por kg de dejetos, com a utilização rápida do biogás, a partir de quatro dias (XAVIER; LUCAS JÚNIOR, 2010). Comenta os autores que o tratamento sem inóculo levaria 159 (período intermediário); 85 (período chuvoso) e 117 dias (período seco) para alcançar as mesmas

produções de 75 dias, obtidas no tratamento com 40% de inóculo. E também que tempos de retenção hidráulica de 45 dias podem ser adotados no sentido de reduzir o volume do biodigestor e os custos de implantação.

VIABILIDADE ECONÔMICA

Existem vários tipos de biodigestores utilizados para a produção do biogás. Esses variam conforme o tipo de resíduo e da carga para seu abastecimento - contínua ou batelada. Os biodigestores em batelada são mais simples, contudo, para qualquer tipo faz-se necessária à análise preliminar do projeto possibilitando instalações mais econômicas e com rápida recuperação do investimento.

Na literatura citam-se como os principais tipos de biodigestor os modelos: chinês (totalmente enterrado ao solo e sem gasômetro), indiano (câmaras divididas e gasômetro de aço) e canadense (alvenaria, gasômetro em manta flexível de PVC, cobertura de geomembrana sintética de polietileno de alta densidade - PEAD).

Em estudo de avaliação de custos de construção (modelos chinês, indiano e canadense) e do tipo e quantidade de animais disponíveis (20; 40; 60; 80 e 100 animais sendo esses: caprinos, bovinos e suínos) o biodigestor modelo canadense foi o de menor custo de construção e operação, sendo a opção mais viável para produção de energia a partir do biogás de dejetos dos animais, independentemente da quantidade de animais. O custo para este biodigestor variou de R\$ 2.104,00 a R\$ 7.266,00, dependendo de sua capacidade (CALZA et al., 2015). Os autores ainda registram que a maior produção anual de energia, a partir do biogás, foi obtida com a utilização dos dejetos bovinos, variando de 24.090 kWh a 120.450 kWh ano⁻¹. Em consulta a internet pode ser observado variados tipos de módulos de biodigestão com diferentes volumes e preços.

Em estudo conduzido no município de São Manuel, Estado de São Paulo, com biodigestor modelo tubular contínuo (calha de água em alvenaria e manta plástica como gasômetro), onde foram depositados diariamente os dejetos de 2.300 suínos em fase de terminação, o investimento inicial para implantação do biodigestor foi de R\$ 51.537,17. Nesta avaliação levaram-se em consideração os custos anuais de manutenção do sistema (R\$ 5.708,20), a depreciação (R\$ 4.390,40) e os juros (R\$ 1.366,77). Concluiu-se que o sistema de produção de biogás é viável do ponto de vista econômico se o consumo de energia elétrica for de 35 kWh dia⁻¹, em média, onde o valor presente líquido (VLP) é de R\$ 9.494,90, e a taxa interna de retorno (TIR) é de 9,34% ao ano (CERVI et al., 2010).

Os aumentos de preços de fontes de energia (diesel, lenha, energia elétrica) causam grande impacto nas camadas sociais de menor renda, menos capitalizado e com menores condições de arcar com essa elevação de custos, tanto para o consumo doméstico quanto para as atividades de produção. A adoção de biodigestores reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a dependência de fontes externas de energia, sendo técnica e economicamente viáveis para a agricultura familiar (ESPERANCINI et al., 2007). Cabe ressaltar que, a instalação de biodigestores é viável para propriedades que possuem mais de 20 animais (GIOVANINI, FREITAS, CORONEL, 2013).

POSSIBILIDADE DE ASSOCIAÇÃO DE SUBSTRATOS

Pelo exposto pode ser aventada a hipótese de que a mistura de substratos como o sangue (por ser rico em aminoácidos, apesar de deficiente em isoleucina) e conteúdo ruminal (por ser meio natural de desenvolvimento de bactérias metanogênicas) promovem a melhoria no processo biodigestivo, estando associados (ou não), resultando em melhor qualidade de gás e eficiência na decomposição de sólidos totais em relação a diferentes substratos.

A inoculação de bactérias metanogênicas (oriundas do trato ruminal de bovinos) e mesmo agentes que promovam uma elevada produção de gás (sangue bovino como resíduo de frigorífico) associado aos diversos resíduos citados, podem ter potencial de gerar gás de satisfatória quantidade e qualidade comburente. Para a avaliação deste estudo pode ser adotado os mesmos procedimentos analíticos descrito em Castro e Cortez (1998), tanto para o afluente como no efluente, sendo:

TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS

O teor de sólidos totais (ST) é obtido pela diferença entre o peso úmido (Pu) e o peso seco (Ps), sendo para tanto usado balança de precisão, cadinhos, estufa a 105° C e dessecador. Os resultados são gerados através da fórmula:

$$ST = 100 - [(Pu - Ps) \cdot 100] / Pu \quad (1)$$

TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS

Para a obtenção dos dados de sólidos voláteis (SV) é tomado o material oriundo da análise de sólidos totais. Este é incinerado em mufla com ajuste de temperatura de 600° C para obtenção de cinzas (Pc), sendo os dados gerados pela fórmula:

$$SV = ST - (1 - (Pu - Pc) / Pu) \cdot 100 \quad (2)$$

pH

O pH deverá ser avaliado nos substratos e nas misturas que servirão para comporem os tratamentos os quais serão testados para biodigestão mediante o uso de pHmêtro.

EFICIÊNCIA DA BIODIGESTÃO

A eficiência da biodigestão é determinada pela taxa de aplicação do material orgânico (TAMO) levando-se em consideração a velocidade de decomposição de seus sólidos voláteis (VDSV), estando a eficiência relacionada por VDSV/TAMO. Essa relação está associada ao tempo de retenção para o processo biodigestivo, sendo a taxa determinada como:

$$\text{TAMO} = \frac{\text{Sólidos totais voláteis no afluente}}{\text{capacidade do biodigestor} \times \text{tempo}} \quad (3)$$

Para os biodigestores de regime de batelada, ou seja, aqueles que não sofrem abastecimento diário, o tempo estimado para o processo é cerca de 30 dias, e como a velocidade de decomposição dos sólidos voláteis está relacionada com a eficiência de sua degradação no processo biodigestivo, tal é estimado como:

$$\text{VDSV} = \frac{(\text{sólidos voláteis no afluente} - \text{sólidos voláteis total no efluente})}{\text{Capacidade do biodigestor} \cdot \text{tempo}} \quad (4)$$

A combinação de substratos para produção de energia está relacionada diretamente ao potencial de degradação do substrato, da quantidade e qualidade de biogás produzido sendo ele, dependente do tipo de alimentação dos animais. A quantidade e as variações de tratamentos objetivando esse fim não são vastas na literatura. Por exemplo, dentre os resultados de trabalhos realizados com os dejetos de bovinos leiteiros, observa-se, um número reduzido de publicações em comparação com os provenientes dos dejetos de suínos, e, ainda, em uma considerável parcela destes trabalhos, os dejetos de bovinos estão associados a outros resíduos, que possuem taxa de degradação mais acelerada e, assim, apresentam maiores rendimentos de biogás (ORRICO JÚNIOR et al., 2016).

O emprego e a adoção da técnica para compor associações de diferentes substratos para biodigestão oferecem subsídios teóricos e práticos para possíveis arranjos visando eficiência na geração de biogás e biofertilizante. A divulgação dos resultados destas experiências permite sua análise visando interesse a ser articulada por instituições públicas, iniciativa privada e para a sociedade em geral no tocante a elaboração de políticas públicas que objetivem o aproveitamento de resíduos e a sustentabilidade da propriedade rural a qual pode ser considerada a unidade básica para a preservação do ambiente e dos serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS

ANDREAZZI, M. A.; MENDES, A. R.; OLIVEIRA, K. V.; LIZAMA, M. A. P. Energy management: a synthesis of scientific publications on biodigestion for waste management. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 12, n.6, p.964-972, dez. 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000600964&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 02 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1911>.

AMARAL, C. M. C., AMARAL, L. A., LUCAS JÚNIOR, J., NASCIMENTO, A. A., FERREIRA, D.S., MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, dez. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782004000600035&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600035>.

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; WELTER, R. A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 648-657, dez. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162007000400007&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 10 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S010069162007000400007>.

CANCELIER, A., SOTO, U. P. D., COSTELLI, M. C., LOPES, T. J., SILVA, A. Avaliação da produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 209-217, jun. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522015000200209&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 07 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000101264>.

CANON-FRANCO, W. A.; HENAO-AGUDELO, R. A.; PEREZ-BEDOYA, J. L. Recovery of gastrointestinal swine parasites in anaerobic biodigester systems. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 249-253, set. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-29612012000300013&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 25 set. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612012000300013>.

CASTRO, L. R.; CORTEZ, L. A. B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 97-102, abr. 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543661998000100097&

ng=pt&nrm=iso>. acessos em 29 set.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n1p97-102>.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, out. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000500006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 10 out.2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500006>.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Padrões de qualidade para os parâmetros monitorados na rede de monitoramento, segundo Resolução CONAMA 357/2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/>. Acesso em: 11 de outubro de 2017.

COSTA, M. S. S. M., COSTA, L. A. M., LUCAS JUNIOR, J., PIVETTA, L. A. Potentials of biogas production from young bulls manure fed with different diets. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1090-1098,dez.2013.Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162013000600002&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 10 out.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000600002>.

ESPERANCINI, M. S. T., COLEN, F., BUENO, O. C., PIMENTEL, A. E. B., SIMON, E. J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110- 118, abr. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162007000100004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000100004>.

FACTOR, T. L.; ARAUJO, J. A. C.; VILELLA JUNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 143-149, abr. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000200006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 02 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200006>.

FARIAS, R. M., ORRICO JUNIOR, M. A. P., ORRICO, A. C. A., GARCIA, R. G., CENTURION, S. R., FERNANDES, A. R. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de poedeiras coletados após diferentes períodos de acúmulo. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1089-1094, jun. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782012000600023&lng=pt&nrm=iso>.acesso em 11 out.2017. Epub 05-Jun-2012.<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000031>.

FURLONG, J.; PADILHA, T. Viabilidade de ovos de nematódeos gastrintestinais de bovinos após passagem em biodigestor anaeróbico. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 269-271, ago. 1996. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384781996000200017&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781996000200017>.

GIOVANINI, A.; FREITAS, C. A.; CORONEL, D. A. Análise da quantidade produzida de CO₂ pela bovinocultura no estado do Rio Grande do Sul. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1918-1923, out.2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782013001000030&lng=pt&nrm=iso>.acessoem11out.2017.Epub27Ago2013.<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000118>.

KASHYAP, D. R.; DADHICH, K. S.; SHARMA; S. K. Biomethanation under psychrophilic conditions: A review. *Bioresource Technology*, v.87, p.147-153, 2003.

OLIVEIRA, A. B. M.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; SUNADA, N. S.;CENTURION, S. R. Biodigestão anaeróbica de efluente de abatedouro avícola. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 690-700, dez.2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034737X2011000600003&lng=pt&nrm=iso>.acessoem02abr.2018.<http://dx.doi.org/10.1590/S0034737X201100060003>.

ORRICO, A. C. A., SUNADA, N. S, LUCAS JUNIOR, J., ORRICO JUNIOR, M. A. P,SCHWINGEL, A. W. Codigestão anaeróbica de dejetos de suínos e níveis de inclusão de óleo de descarte. *Eng. Agríc., Jaboticabal*,v.35,n.4,p.657664,ago.2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162015000400657&lng=pt&nrm=iso>.acessoem10out.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p657-664/2015>.

ORRICO JUNIOR, M. A. P., ORRICO, A. C. A., LUCAS JUNIOR, J., SAMPAIO, A. A. M.,FERNANDES, A. R. M. & OLIVEIRA, E. A. Biodigestão anaeróbica dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 41, n. 6, p. 1533-1538, jun. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982012000600030&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 26 set.2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000600030>.

ORRICO, A. C. A., LOPES, W. R. T., MANARELLI, D. M., ORRICO JUNIOR, M. A. P,SUNADA, N. S. Codigestão anaeróbica dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 36,n.3,p.537545,jun.2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0

100-69162016000300537&lng=pt&nrm=iso>.acessoem07out.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p537-545/2016>.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 546-554, jun. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01006916201000030018&lng=pt&nrm=iso>.acessoem10out.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/S01006916201000030001>.

SNA. Produção de peixes em 2020 atinge quase 803 mil toneladas no Brasil. SNA News, de 22 de fevereiro de 2021. Disponível em <https://www.sna.agr.br/producao-de-peixes-em-2020-atinge-803-mil-toneladas-no-brasil/> Acesso em 21/05/2022.

RABONI, M.; URBINI, G. Production and use of biogas in Europe: a survey of current status and perspectives. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 191-202, jun. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980993X2014000200002&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 02 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1324>.

SALMINEN, E.A.; RINTALA, J.A. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. Water Research, Londres, v.36, p.3.175-3.182, 2002.

SILVA, P. P.; FERREIRA, R. S.; TEODORO, P. E.; TORRES, F. E.; ARIMA, G. M.; CAPPI, N.; RIBEIRO, L. P. Resposta de cultivares de *Brachiaria brizantha* a doses de biofertilizantes de aves. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.81, n.3, p.286-289, set.2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180816572014000300286&lng=pt&nrm=iso>.acessoem05abr.2018.<http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657001282012>.

SEGURA, M. L. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. 2014.

SOUZA, C. F.; LUCAS JUNIOR, J.; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, ago.2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000200027&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000200027>.

SOUZA, O.;FEDERIZZI, M., COELHO, B., WAGNER, T. M.; WISBECK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. Rev. bras. eng. agríc.ambient.,CampinaGrande,v.14,n.4,p.438443,abr.2010.Disponível em<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662010000400014&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 29 set. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000400014>.

SUINOCULTURA INDUSTRIAL. Rondônia aposta no aumento da produção de suínos. Notícias de 27 de junho de 2021. Disponível em <https://www.suinoindustrail.com.br/imprensa/rondonia-aposta-no-aumento-da-producao-de-suinos/20210727-082923-u334>. Acesso em 21/05/2022.

VILLELA JR., L. V. E.;ARAÚJO, J. A. C.; BARBOSA, J. C.; Perez, L. R.B. Substrato e solução nutritiva desenvolvidos a partir de efluente de biodigestor para cultivo do meloeiro. Rev. bras. eng. agríc. ambient.,CampinaGrande,v.11,n.2,p.152158,abr.2007.Disponível em<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662007000200004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 05 abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000200004>.

VIVAN, M., KUNZ, A., STOLBERG, J., PERDOMO, C.; TECHIO, VÂNIA H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 320-325, mar. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662010000300013&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 set.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300013>.

XAVIER, C. A. N; LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 2, p.212-223,abr. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000200003&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 10 out.2017.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000200003>.

Capítulo 5



10.37423/220505897

ANÁLISE DO IMPACTO DA SUJIDADE NO COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: CORREÇÃO DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO (ISC)

Dênio Alves Cassini

*Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, Pós-Graduação Engenharia Mecânica*

Suellen Caroline Silva Costa

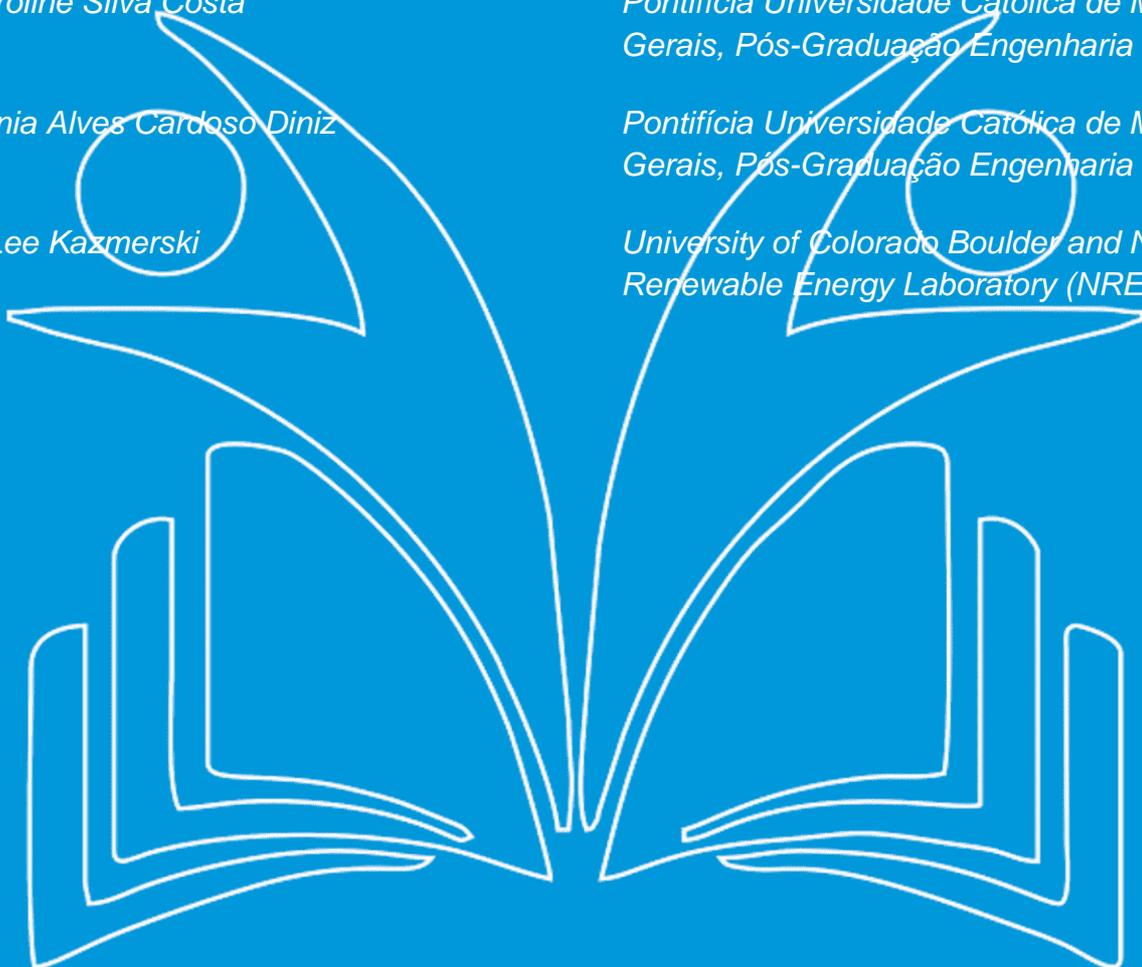
*Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, Pós-Graduação Engenharia Mecânica*

Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz

*Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, Pós-Graduação Engenharia Mecânica*

Lawrence Lee Kazmerski

*University of Colorado Boulder and National
Renewable Energy Laboratory (NREL)*



Resumo: *O comissionamento de usinas fotovoltaicas (UFV) é feito com o objetivo de certificar quanto a instalação e operação adequada de todos os componentes, e identificar possíveis falhas que deverão ser corrigidas, de forma a garantir a eficiência da geração de energia. Vários testes elétricos e inspeção visual são feitas durante o comissionamento logo após a conclusão da instalação da UFV e conexão desta a rede elétrica. Porém, entre o período de instalação das séries (strings) FV e os testes de comissionamento pode haver um processo de deposição natural de sujidades sobre os módulos, promovendo interferências nos parâmetros elétricos a serem monitorados. Os testes de comissionamento e de desempenho devem ser realizados logo após a limpeza dos módulos FV, porém, no comissionamento a frio, a limpeza não é uma exigência técnica que impeça a realização deste. Dessa forma, este trabalho tem como apresentar dados de corrente de curto-circuito medidos durante comissionamento de duas UFV instaladas no Estado de Minas Gerais, nas cidades de Januária (clima semi-árido) e Paracatu (clima Equatorial). Em paralelo, este trabalho mostra o impacto da sujidade no parâmetro elétrico monitorado, o que pode induzir a erros de interpretação conforme as especificações abordadas na norma ABNT NBR 16274:2014. Através da aplicação de metodologia para quantificar a taxa de sujidade (SRatio) em cada string das UFVs, esse fator de perda foi utilizado no modelo proposto para correção da corrente de curto-circuito para a condição de limpeza dos módulos. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a importância em avaliar o funcionamento da UFV com as condições identificadas em inspeção visual. Além disso, oscilações entre strings de mesma unidade de geração foram observadas, como consequência das diferentes densidades de deposição nas diferentes séries FV, mostrando a relevância de analisar todos os strings independentemente se possuem mesma configuração.*

Palavras-chave: *Comissionamento, Usinas Fotovoltaicas, Sujidade.*

1. INTRODUÇÃO

O módulo é o componente do sistema fotovoltaico (SFV) responsável por absorver e converter a radiação solar em energia elétrica. De acordo com Cunningham, Hernday e Mokri (2014), um módulo fotovoltaico fornece potência máxima em uma determinada corrente e tensão de saída denominada ponto de potência máxima, é determinado pela irradiância solar e temperatura de operação, tipo de módulo FV, número de módulos em série e paralelo, perdas devido à resistência de interconexão, sombreamento, grau de sujidade, percentual de degradação dos módulos fotovoltaicos individuais e conexões elétricas. Qualquer um desses fatores possui potencial para fazer com que os módulos ou circuitos de origem tenham um desempenho inferior ou até mesmo parem de produzir completamente.

A avaliação de desempenho de um SFV do lado CA (circuito alternado) – após o inversor – requer uma avaliação inicial e outra ao longo dos doze meses em operação; sendo a primeira com o objetivo de checar o funcionamento adequado do sistema conforme definido em projeto, e a segunda, para identificar a diferença entre a produção de energia medida e esperada, considerando a influência das variáveis meteorológicas, sujidade, interrupções da rede, entre outras (CUNNINGHAM, HERNDAY E MOKRI, 2014). Normalmente, durante o processo de desenvolvimento do projeto fotovoltaico, a sujidade não é considerada ou subestimada, ação essa que contribui para divergências entre o desempenho esperado e o real medido durante testes de desempenho.

A deposição de sujidade sobre módulos FV pode causar uma redução na potência de saída em até 30%, dependendo de sua composição química e densidade e tecnologia embarcada (COSTA, 2011). É importante observar que em regiões onde há elevada emissão de material particulado, devido a proximidade com fontes de poluentes, como centros de mineração, indústria cimenteira, vias de intenso tráfego, entre outros, o SFV pode apresentar perdas de desempenho ainda maiores. Além disso, dependendo da composição química, a sujidade pode apresentar alta aderência dificultando a remoção por limpeza natural, (pela chuva e ação de ventos) ou programada. Como foi observado por Lemos (2016) que avaliou amostras de sujidade retiradas da superfície de módulos FV instalados em Belo Horizonte as margens de uma das principais vias de acesso ao centro da cidade, sendo identificado a existência de matéria orgânica e percentual elevado de carbono, evidenciando a presença de biofilme formada por microrganismos de difícil remoção.

Uma das últimas etapas de um projeto de instalação de uma usina fotovoltaica consiste no comissionamento, que visa garantir que a mesma seja segura, atenda aos objetivos do projeto,

funcione e produza energia de acordo com as expectativas definidas em contrato. Durante o comissionamento, testes elétricos e térmicos são realizados, além de inspeções visuais com o objetivo de averiguar problemas nas estruturas metálicas, módulos FV, *combiner box*, cabeamento, conexões, eletrodutos, caixas de passagem, entre outros. No comissionamento a frio ou seja: quanto a planta ainda encontra-se desenergizada por ainda estar desconectada do sistema elétrico (grid), dados de corrente de curto circuito (ISC), tensão de circuito aberto (VOC), polaridade, e resistência são medidos em cada *string* do SFV, não sendo necessário o levantamento da curva I-V, e estes dados são comparados conforme limites definidos na norma ABNT NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

Ao realizar os testes para o comissionamento, os módulos FV podem não estar em condição de limpeza, situação essa em que a taxa de sujidade, denominada *soiling ratio* (SR) seria igual a 1. Dessa forma, uma metodologia deve ser aplicada de forma que os parâmetros elétricos medidos sejam corrigidos conforme a condição de sujidade dos módulos, evitando assim, interferências que possa comprometer a análise relativa aos limites de variação da ISC e VOC conforme expresso na norma.

Existem metodologias utilizadas para determinação da taxa de sujidade que consistem: (i) na comparação entre parâmetros elétricos e térmicos medidos em módulos FV mantido limpo e deixado a deposição natural de sujidades instalados em estações de monitoramento, permitindo quantificar a taxa de sujidade (SRatio) e a taxa de sujidade diária, conhecida como *soiling rate* – SRate (Costa, Kazmerski e Diniz, 2021; Micheli e Muller, 2017; Gostein, Duster e Thuman, 2015), e (ii) na determinação da declividade do desempenho global (*Performance Ratio* – PR) de sistemas fotovoltaicos durante períodos secos obtendo valores de SRate (Deceglie et al., 2016; Costa, Kazmerski e Diniz, 2021). Porém, ambas metodologias requer um monitoramento a longo prazo. Segundo Bessa et al. (2021), a sujidade é o resultado da interação de uma série de fatores relacionados ao meio ambiente e ao clima do local, à configuração do sistema e ao design dos módulos. Por essas razões, ele pode mudar de local para local e com o tempo. Em alguns casos, diferentes perdas por sujidade podem ser experimentadas por diferentes *strings* e módulos, mesmo dentro da mesma planta FV. Por esse motivo, é importante desenvolver e aplicar metodologias capazes de corrigir os parâmetros elétricos medidos, considerando as especificidades do local (condições meteorológicas, comportamento da deposição de sujidade – proximidades com fontes poluentes, tipos de poluentes, características do solo, entre outras) e da instalação do SFV (inclinação, orientação, tipos de módulos

– característica da superfície do módulo e tecnologia, entre outros). De acordo com Mani e Pillai (2010), variáveis meteorológicas como velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade; assim como características da localidade, inclinação e orientação do módulo fotovoltaico, propriedades do vidro frontal do módulo e, por fim, a propriedade das partículas de poeira são fatores que influenciam a sedimentação da mesma sobre os módulos. Appels et al. (2013) observaram que a precipitação de chuva é capaz de remover tipos maiores de sujidade, por exemplo o pólen, mas sem o mesmo efeito para partículas menores (2-10 μ m), e que a umidade após a limpeza dos módulos, assim como, o orvalho pode contribuir consideravelmente para o aumento da aderência da sujidade sobre a superfície dos módulos devido ao processo de cementação (Costa, 2018). Øvrum et al. (2021) analisaram o impacto de diferentes tipos de materiais particulados na transmissão da luz solar em vidros idênticos aos utilizados em módulos FV, sendo notado que amostras com menores distribuição granulométrica contribuem para uma maior perda de transmissão, além da correlação entre a distribuição granulométrica e o albedo na perda de transmissão.

Além disso, o efeito causado pela sujidade é diferente para cada tecnologia de módulos FV, como notado por Qasem et al. (2014) os de silício amorfo e CdTe sofrem maiores perdas de desempenho do que os de tecnologia de silício cristalino e CIGS. Este resultado é explicado devido à diferença de largura da banda-gap, apresentando diferentes sensibilidades para cada comprimento de onda. Os módulos a-Si e CdTe possuem resposta espectral entre 300 e 800 nm, enquanto no de c-Si e de CIGS a resposta espectral varia entre 400 e 1100 nm. Essa mesma observação foi feita por Costa, Kazmerski e Diniz (2021) que identificaram que a sujidade possui maior impacto no desempenho de módulos de CdTe (0,20%/dia) do que em módulos de silício policristalino (0,14%/dia), considerando as condições climáticas de Belo Horizonte.

As condições de limpeza de um módulo FV é um dos fatores condicionantes para se obter um desempenho adequado deste dispositivo, porém, manter essa condição na prática é normalmente impossível, devendo o projetista considerar esse fator na estimativa de produção de energia de um SFV. Além disso, a especificidade deste fator de perda requer uma metodologia a ser aplicada para correção dos parâmetros elétricos medidos durante testes de comissionamento a frio, de forma a reduzir as interferências nos dados coletados. Neste cenário, este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo para corrigir os valores de ISC e VOC medidas durante comissionamento de duas usinas fotovoltaicas instaladas em Januária e Paracatu em Minas Gerais, inseridas nas zonas

climáticas Equatorial e Semiárida, respectivamente, em relação as condições de sujidades identificadas durante os testes.

2.METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada para medição dos parâmetros elétricos e térmicos de módulos fotovoltaicos em teste de comissionamento, e o modelo aplicado para correção destas variáveis coletadas considerando as condições de sujidade.

2.1.METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS ELÉTRICOS E TÉRMICOS DE MÓDULOS FV – TESTE DE COMISSIONAMENTO

No teste de comissionamento, uma inspeção visual completa em todos os arranjos foi feita visando avaliar as estruturas metálicas de fixação e suporte dos arranjos, módulos fotovoltaicos, *combiner box*, cabeamento, conexões, eletrodutos e entre outros componentes do sistema.

Os dados referentes a tensão de circuito aberto (VOC), a corrente de curto-circuito (ISC), a polaridade (+/-), e a condição de continuidade – incluindo continuidade da ligação ao terminal de terra principal – foram coletados utilizando o equipamento Solar Utility Pro, do fabricante Seaward, possuindo uma incerteza de $\pm 5\%$. O ensaio de curto-circuito é feito em cada *string*/série fotovoltaica visando verificar se há falhas graves na fiação do arranjo FV, sendo que os dados medidos não devem ser considerados como uma medida de desempenho do FV. No caso de ensaio da tensão de circuito aberto, este é feito com o intuito de verificar se as séries de módulos estão corretamente conectadas e, especificamente, se o número esperado de módulos está conectado em série, conforme previsto em projeto elétrico.

De acordo com a normas internacional IEC 62446:2014 (*Photovoltaic (PV) Systems - Requirements For Testing, Documentation And Maintenance - Part 1: Grid Connected Systems – Minimum Requirements for System Documentation, Commissioning Tests and Inspection*) e nacional NBR 16274:2014 (Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho), os valores de VOC e ISC medidos devem ser comparados com os valores esperados, podendo este ser estimado conforme dados indicados em datasheet do dispositivo FV. As strings são aprovadas nestes testes, se a diferença percentual entre a corrente de curto- circuito medida e a esperada/expectativa variar entre 95% a 105%, conforme indicado na Tab. 1. O mesmo vale para a tensão de circuito aberto medido que deve variar tipicamente dentro de 5% em relação ao valor esperado.

Tabela 1 – Faixa de valores relativos a diferença entre ISC e VOC medidos e os respectivos valores esperados.

Valores de tensão I_{SC}	Valores de tensão V_{OC}	Critérios
$I_{SC} \text{ medido} < 95\% I_{SC} \text{ esperado}$	$V_{OC} \text{ medido} < 95\% V_{OC} \text{ esperado}$	Inaceitável
$95\% I_{SC} \text{ Medido} < I_{SC} \text{ esperado} \leq 105\% I_{SC} \text{ medido}$	$95\% V_{OC} \text{ Medido} < V_{OC} \text{ esperado} \leq 105\% V_{OC} \text{ medido}$	Valores esperados
$I_{SC} \text{ medido} > 105\% I_{SC} \text{ esperado}$	$V_{OC} \text{ medido} > 105\% V_{OC} \text{ esperado}$	Inaceitável

Fonte: Adaptado de IEC 62446-1 (2014) e ABNT 16274 (2014)

Já a resistência de isolamento (R_{iso}) dos pólos positivo (+) e negativo (-), a resistência de contato de aterramento (R_{PE}) em todas as strings que compõem o gerador FV foram medidas através do uso do equipamento Megôhmetro Digital, da Megabras, modelo MD-5060x, incerteza de $\pm 5\%$ da leitura entre 1 M Ω e 1 T Ω . Além destes dados, é imprescindível medir dados relativos a irradiância solar e temperaturas ambiente e de operação dos módulos FV, para isso, o equipamento Solar Survey SS 200R, do fabricante Seaward, que possui uma incerteza de $\pm 5\%$ foi utilizado, sendo este posicionado com a mesma inclinação e orientação dos módulos fotovoltaicos ensaiados, medindo os dados de irradiância através de uma célula de referência de filme fino. É importante mencionar que a correção espectral devido a medição da irradiância através de diferentes tecnologias FV é feita pelo próprio software da Seaward. As temperaturas de operação dos módulos e ambiente, foram monitoradas através da utilização de sondas, do tipo termopar, sendo que foi fixada na parte posterior na região central do módulo e de uma das células, enquanto a outra foi posicionada próximo ao módulo em que foi fixada a primeira sonda, porém sem nenhum contato físico com os módulos ou estrutura. Vale ressaltar que as especificações dos equipamentos usados para esse teste e descritos anteriormente, atendem as exigências descritas nas normas internacionais e nacional IEC 62446-1, IEC 60891 (*Procedures for Temperature and Irradiance Corrections to measure I-V Characteristics*); ABNT NBR 16274.

Os dados foram coletados considerando condições de irradiância acima de 700 W/m² e a temperatura ambiente igual ou inferior a 40 °C, conforme descrito em norma internacional IEC 60904-1 (*Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*) e de céu limpo e ABNT NBR 16274.

2.2. MODELO DE CORREÇÃO DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO PARA CONDIÇÕES DE SUJIDADE DOS MÓDULOS FV

As perdas de desempenho em módulos fotovoltaicos devido à deposição de sujidades podem ser quantificadas pela determinação da taxa de sujidade (*soiling ratio* – *SRatio*), que é obtido através da relação entre a corrente de curto-circuito extraída do módulo fotovoltaico com sujidade e a corrente de curto-circuito proveniente do módulo limpo sob as mesmas condições de operação. À medida que os valores da taxa de sujidade se aproximam de 1, indicam que a sujidade não possui considerável impacto sobre a produção de energia de módulos fotovoltaicos. Dessa forma, a taxa de sujidade varia de 0 a 1, adimensional, sendo considerados críticos locais em que a taxa de sujidade é próxima de 0. Vale ressaltar que a deposição de sujidade afeta diretamente a parcela da irradiância a ser absorvida pelo módulo FV, aumentando a irradiância refletida. Dessa forma, a deposição de sujidade impacta diretamente a corrente gerada pelo módulo. Por este motivo, neste estudo que visa identificar as interferências causadas pela deposição de sujidades nos testes de comissionamento a frio, apenas dados de corrente de curto-circuito são considerados na aplicação da metodologia para correção destes em relação a sujidade.

Considerando os dados coletados durante o teste de comissionamento, a taxa de sujidade foi determinada utilizando a Eq. (1), como discutido por Costa, Kazmerski e Diniz (2021) e Gostein, Duster e Thuman (2015):

$$SRatio_{I_{sc}} = \frac{I_{scsujo}}{I_{sc0} * (1 + \alpha * (T_{csujo} - T_0)) * (\frac{G_T}{G_0})} \quad (1)$$

onde $I_{sc@jB}$ é a corrente de curto-circuito medida no módulo com deposição natural de sujidade, I_{sc} é a corrente de curto-circuito do módulo na condição de referência (*Standard Test Condition* – *STC*), α é o coeficiente de temperatura para corrente de curto-circuito, $T_{c@jB}$ é a temperatura do módulo sujo, T_C e G_C são a temperatura e a irradiância solar na condição de referência (1000 W/m² e 25 °C) e G_T é a irradiância solar incidente sobre o plano do módulo inclinado medido pela célula de referência utilizando o equipamento Survey SS 200R.

Após determinar o *SRatio*, a corrente medida deve ser corrigida considerando este fator de perda conforme Eq. (2). Dessa forma, a corrente medida corrigida indicará o valor para este parâmetro para condições de limpeza do módulo FV, ou seja, *SRatio* igual a 1.

$$I_{sc\text{corrigida}} = I_{sc\text{med}} * (1 + (1 - \text{SRatio}_{I_{sc}})) \quad (2)$$

onde $I_{sc\text{med}}$ é a corrente de curto-circuito medida.

Os parâmetros elétricos medidos durante o teste de comissionamento de uma usina fotovoltaica referem-se a dados de um *string*, dessa maneira, as Eq. (1)-(2) são aplicadas utilizando valores para um *string*.

3. RESULTADOS

A metodologia apresentada neste trabalho foi aplicada em dados medidos durante teste de comissionamento em duas usinas fotovoltaicas instaladas em Minas Gerais nos municípios de Januária e Paracatu. O município de Januária está inserido na zona climática semi-árida, definida como Bsh pela classificação de Köppen-Geiger (1928), apresentando baixo índice pluviométrico durante o ano, com seca durante o inverno, e temperatura ambiente média mensal acima de 23°C. Já Paracatu está localizado na zona climática Equatorial (Aw) sendo uma região caracterizada por elevado índice pluviométrico acumulado mensal durante o verão, e seca durante o inverno, e a temperatura média mensal está acima de 20°C.

Primeiramente, antes de aplicar o modelo visando a correção da corrente medida em strings fotovoltaicos com deposição de sujidades pertencentes as UFVs a serem comissionadas, a metodologia proposta neste trabalho foi validada através da comparação entre dados obtidos em *strings* para as condições de sem limpeza ($\text{SRatio} < 1$) e completamente limpos ($\text{SRatio} = 1$). A Fig. 1 mostra a comparação entre a corrente de curto-circuito medida e a corrigida, utilizando a Eq. (2), e a validação deste modelo após identificação da proximidade entre a corrente de curto-circuito corrigida e a medida em *strings* limpos. Vale ressaltar que estes dados foram coletados na UFV instalada em Januária e que os strings possuem a mesma configuração.

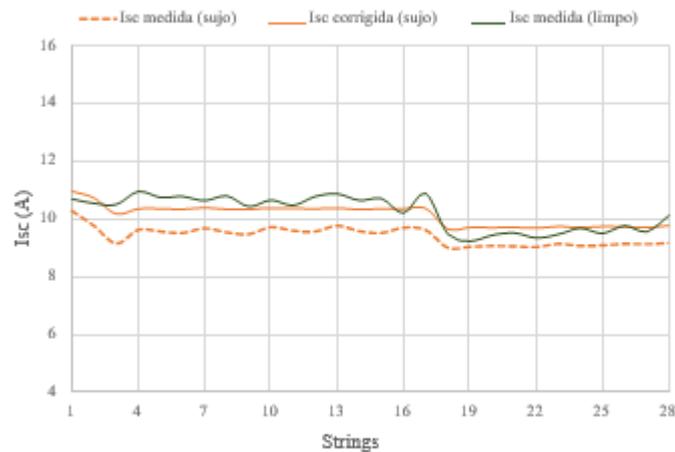


Figura 1 – Comparação entre ISC medida e a corrigida obtida de *strings* com sujidades (linha laranja) e validação com a medida em *strings* completamente limpas (linha verde)

3.1. USINA FOTOVOLTAICA EM JANUÁRIA

A UFV em Januária possui três unidades de geração (UG), com capacidade geradora instalada de 4,39 MWp. A UG1 e a UG 3 possuem a mesma configuração, sendo cada uma composta por um gerador com 3.360 módulos FV de silício monocristalino com potência nominal de 435 Wp cada, do fabricante Longi Solar, totalizando uma potência instalada de 1,4616 MWp. Já a UG2 possui 3.360 módulos, porém, 1.932 módulos de 435 Wp e 1.428 módulos de 440 Wp, ambos de mesma tecnologia, silício monocristalino, totalizando 1,4687 MWp. Em todas as UGs, os módulos FV foram instalados orientados para o Norte Verdadeiro e com inclinação de 15°. Cada UG possui oito inversores com potência nominal de 125 kW, do fabricante Chint Power, sendo que em cada inversor são conectados 15 strings de 28 módulos cada, através de *combiner box*. Dessa forma, a UG 1 e 3 possuem uma sobrecarga, devido a relação potência gerador FV versus potência grupo de inversores, de 46,16%, enquanto a UG2 possui uma sobrecarga de 46,87%.

Os parâmetros elétricos e térmicos de cada *string* foram coletados durante três dias consecutivos, considerando as condições de céu claro e irradiância solar acima de 700 W/m². Os dados de temperatura de operação mostraram uma variação de 38,08 °C a 64,54 °C, fato este em função do horário do dia em que as medições foram realizadas.

A Fig. 2 mostra a variação da taxa de sujidade (S_{Ratio}) para os strings conectados aos oito inversores de cada uma das unidades de geração, pertencentes a usina fotovoltaica de Januária. Os valores de S_{Ratio} indicados na Fig. 2 foram obtidos através da Eq. (1). Pode ser observado que o S_{Ratio} para a UG 2 é menor se comparado com as outras UGs, o que indica maior deposição de sujidades sobre os módulos

fotovoltaicos em todos os seus *strings*, devido a sua localização paralela a uma via local de transito de veículos não pavimentada. Já os resultados obtidos para a UG1 mostraram maior deposição de sujidades nos *strings* conectados ao inversor 1 e 8, em relação aos dados de S_{Ratio} obtidos para a UG2.

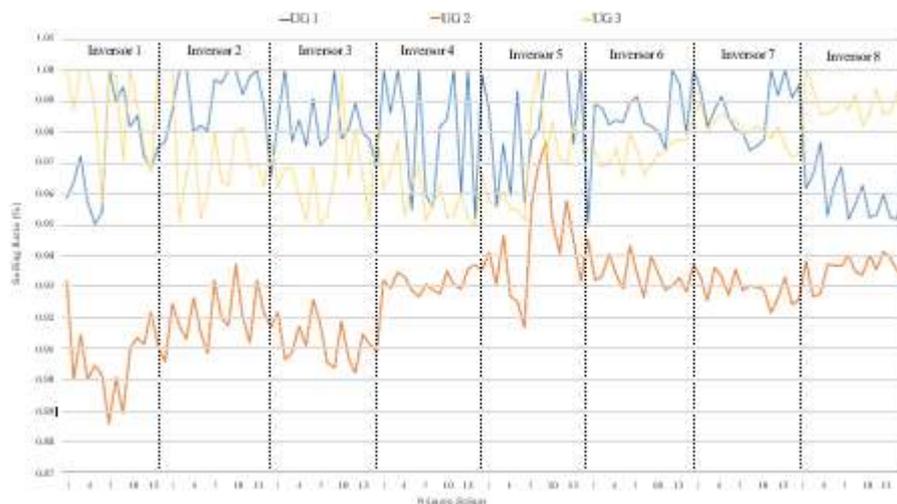


Figura 2 – Taxa de sujidade (S_{Ratio}) determinada para cada *string* conectado aos oito inversores de cada unidade de geração UG pertencente a UFV instalada em Januária.

A Fig. 3 mostra a diferença em percentual obtida entre a corrente de curto-circuito medida e a esperada (linha amarela), e a diferença percentual entre a corrente de curto-circuito corrigida e a esperada (linha azul) para a UG 1. As linhas tracejadas em vermelho são os limites (mínimo e máximo) relativos a variação aceitável conforme normas técnicas, Tab. 1. Vale ressaltar que a corrente esperada foi obtida utilizando a I_{SC} em *Standard Test Conditions* (STC) fornecida pelo fabricante corrigida para as condições de irradiância e temperatura do módulo medida em cada *string* da UFV. A corrente medida na série FV com deposição de sujidades foi corrigida utilizando o fator S_{Ratio} , Eq. (2), que expressa o nível de sujidade identificada em cada série de módulos analisada. Desse modo, o valor corrigido refere-se a corrente de curto-circuito medida para a condição de limpeza do módulo.

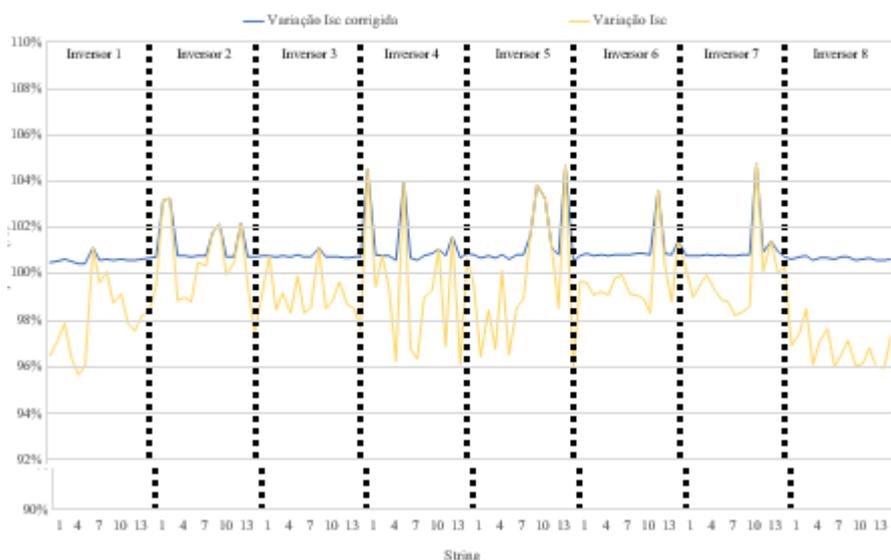


Figura 3 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 1 pertencente a UFV de Januária.

Pode ser notado na Fig. 3 que, antes da correção, a diferença da corrente medida e a esperada ficou entre a variação aceitável conforme normas, porém, atingindo valores abaixo do 100% em quase todos os *strings*, indicando que a corrente medida foi menor que a esperada devido o impacto negativo da sujidade. Após a correção da corrente de curto-circuito em relação a condição de sujidade encontrada em cada string FV (S_{Ratio}), os valores deste parâmetro elétrico apresentaram um aumento mostrando que a corrente medida foi próxima a esperada – em torno de 100% em quase todos os *strings* – quando os ruídos provocados pela sujidade são tratados.

Já no caso da UG 2, a que apresentou maior perda na ISC devido a sujidade encontrada em seus módulos FV, a diferença entre a medida e a esperada (linha amarela) apresentou valores abaixo de 95%, Fig. 4, não indicando conformidade como expresso nas normas técnicas. Porém, após a correção da corrente (linha azul), estes valores mantiveram próximos ao 100% em todos os strings, mostrando que a corrente medida foi similar a esperada, o que indica que não há nenhuma falha relativa a fiação e conexão. Este é um exemplo de que a deposição de sujidades sobre os módulos FV pode induzir a erros de interpretação quanto a possíveis falhas existentes nas séries avaliadas. Neste caso, a não correção dos parâmetros indicaria que há problemas em quase todos os strings, com exceção das séries 7 a 13 conectadas ao inversor 5. Essa análise evidencia a importância de avaliar os dados coletados, juntamente com as observações feitas durante a inspeção visual.

A diferença entre a corrente de curto-circuito medida e a esperada para os *strings* pertencentes a UG3 mostrou comportamento semelhante ao observado para a UG1, Fig. 5, em que os valores medidos

variaram dentro dos 5% conforme o aceitável pelas normas técnicas. Porém, é possível observar que os valores as diferenças mantiveram abaixo dos 100% para quase todas as séries monitoradas. Isso ocorre devido a sujidade sobre o FV causando o aumento da irradiância refletida, e redução da irradiância absorvida, e conseqüentemente, da corrente gerada, resultando em valores abaixo do esperado. Após a correção da corrente de curto-circuito foi notado que os valores aproximaram do esperado, como ocorreu com as demais unidades de geração.

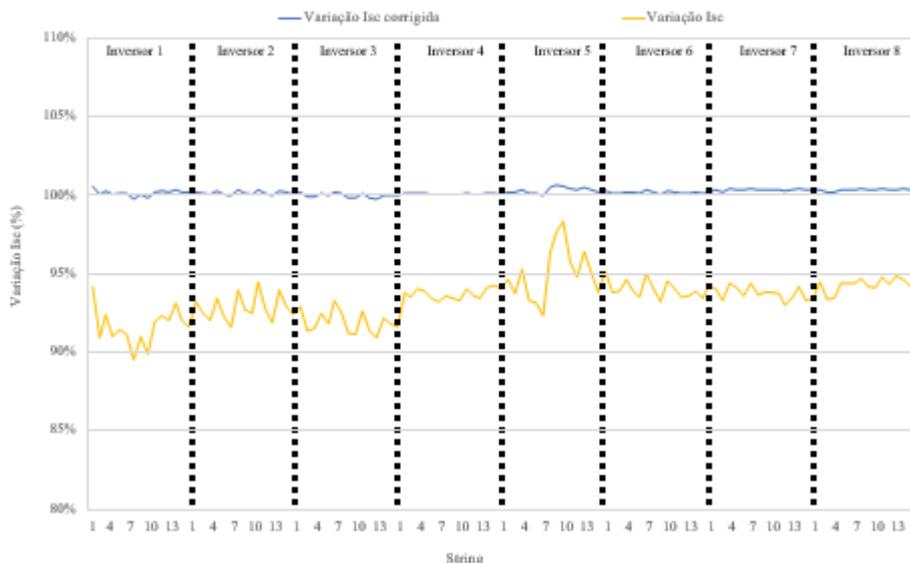


Figura 4 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 2 pertencente a UFV de Januária.

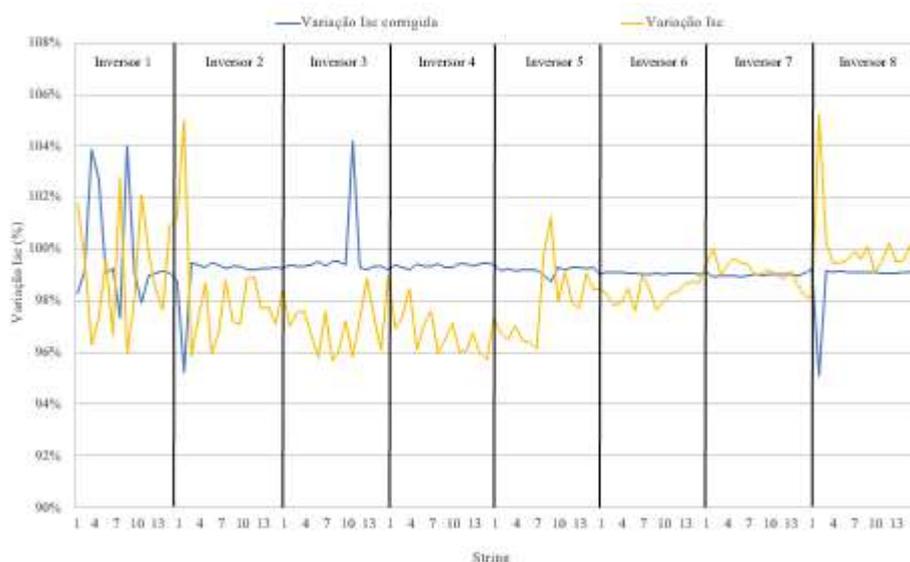


Figura 5 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 3 pertencente a UFV de Januária.

É importante destacar que a diferença percentual para a corrente de curto-circuito medida e esperada oscilou significativamente em relação aos diferentes *strings* avaliados, assim como entre UGs. Esse resultado demonstra que os *strings* possuem diferentes densidades de sujidade, bem como possíveis não-uniformidades de deposição, como indicado na Fig. 2. Os *strings* em todas as três unidades de geração possuem configuração idêntica, desse modo, é esperado que haja um comportamento semelhante para todas os *strings* para condições de valores de irradiância estáveis.

3.2. USINA FOTOVOLTAICA DE PARACATU

A UFV instalada em Paracatu é composta por três UGs com capacidade total de 3,41 MWp. A UG 1 apresenta uma configuração diferente das UGs 2 e 3, possuindo quatro inversores com potência nominal de 125 Wp (fabricante Sungrow), sendo conectados a cada um destes, através de *combiner box*, 14 *strings* de 28 módulos de silício monocristalino com potência nominal de 435 Wp (fabricante Risen Energy), resultando em uma sobrecarga de 36,42% devido a maior potência do gerador FV. Já as outras duas UGs, cada uma é composta por oito arranjos de 14 *strings* de 28 módulos, sendo estes de mesma série e fabricante utilizados na UG1. Estes arranjos são conectados a um inversor (Sungrow de 125 Wp) por *combiner box*, apresentando uma sobrecarga de 36,42%. Todos os módulos foram instalados orientados para o Norte Verdadeiro e com inclinação igual a 17°.

Os parâmetros elétricos e térmicos foram coletados ao longo de três dias durante período de incidência de irradiância solar acima de 700 W/m² como estabelecido em normas técnicas. Os dados térmicos monitorados mostraram que a temperatura dos módulos variou entre 42,39 °C a 55,50 °C apresentando menor valor máximo em comparação com a de Januária, por estar inserida na zona climática Equatorial.

Na Fig. 6 é indicada a taxa de sujidade identificada para cada *string* conectado aos oito inversores pertencentes as três unidades de geração da UFV de Paracatu. Pode ser notado, que a densidade de deposição de sujidades ocasionou a redução do S_{Ratio} para abaixo de 0,95 para quase todos os *strings* da UFV, com exceção dos strings 3 e 5 conectados ao inversor número 2; strings 3, 8, 9, 10, e 13 conectados ao inversor número 3, e *string* 4 conectado ao inversor 4, todos da UG 1. Os valores de S_{Ratio} para a UG 3 foram menores, caracterizando maior deposição de sujidades, seguido da UG 2. Esse resultado pode ser justificado devido a proximidade da UG3 de uma estrada não pavimentada com um fluxo considerado de veículos. A Fig. 6 apresenta uma vista área da UFV (ainda em construção), localizada em Paracatu.



Figura 6 – Imagem aérea da UFV Paracatu em estágio de construção.

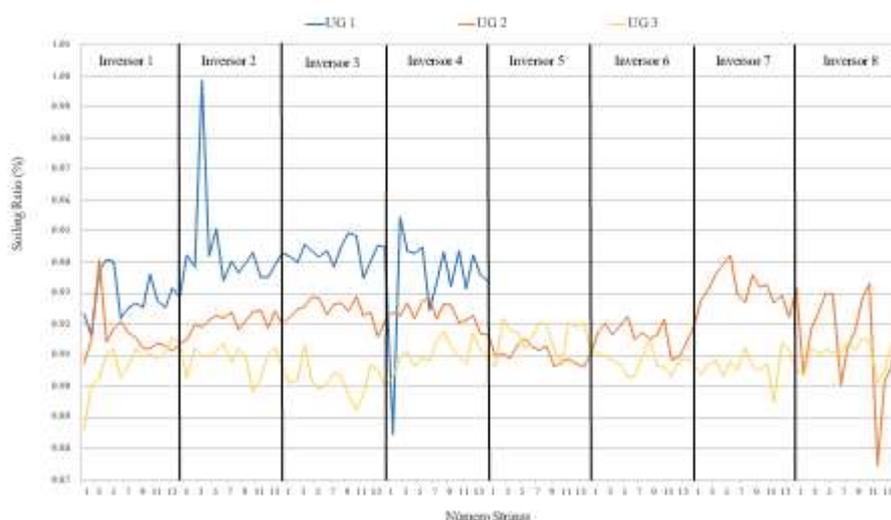


Figura 7 – Taxa de sujidade (S_{Ratio}) determinada para cada *string* conectado aos inversores de cada unidade de geração (UG) pertencente a UFV instalada em Paracatu.

Os valores de taxa de sujidade (S_{Ratio}) calculados para cada *strings* das UGs através da Eq. (1) e apresentados na Fig. 7, foram utilizados para correção da corrente de curto-circuito medida conforme feito para a UFV de Januária. Dessa forma, esse parâmetro elétrico corrigido representa a corrente que seria gerada pelos *strings* se os módulos estivessem sem nenhuma deposição de sujidades, ou seja, para condição em que o S_{Ratio} é igual a 1. As Fig. 8 a 10 mostram a variação da diferença percentual obtida pela relação entre ISC medida e a esperada (linha amarela) e a ISC medida corrigida e a esperada (linha azul).

Pode ser notado as diferenças entre a ISC medida e a esperada para todas as UGs apresentaram valores abaixo do limite mínimo estabelecido em normas técnicas, ou seja, abaixo de 95%. Isso quer dizer que a corrente medida foi abaixo do valor esperado aceitável, devido a maior densidade de sujidade acumulada nos módulos FV dessa UFV, resultado este confirmado pelos dados de S_{Ratio} identificados e indicados na Fig. 7.

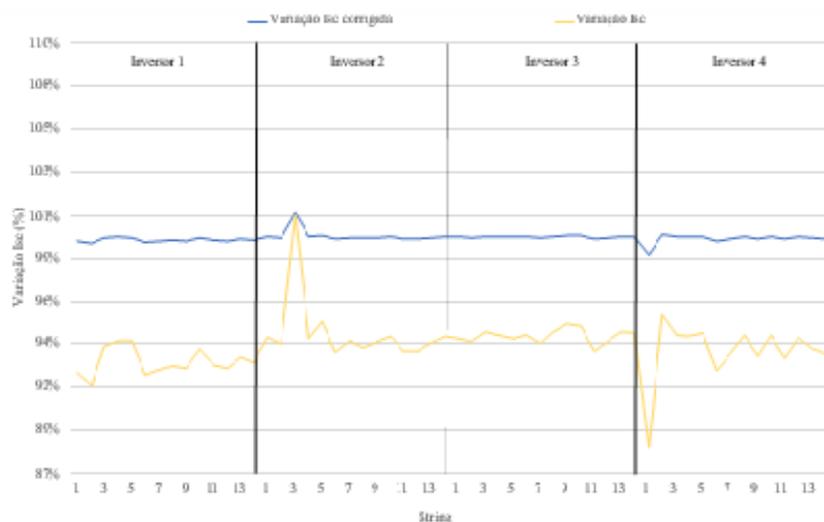


Figura 8 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 1 pertencente a UFV de Paracatu.

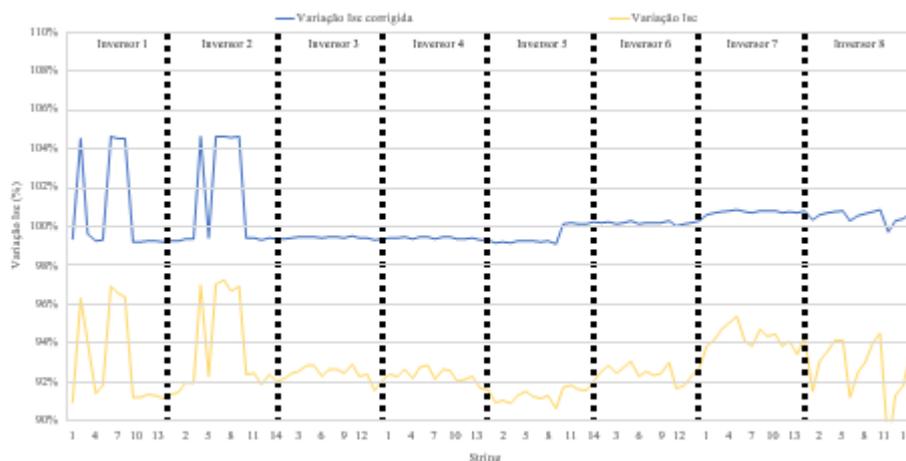


Figura 9 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 2 pertencente a UFV de Paracatu.

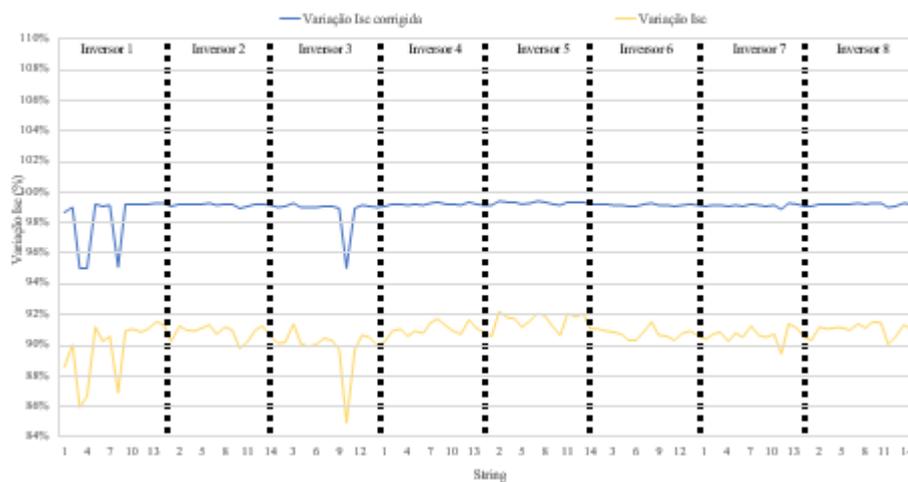


Figura 10 – Diferenças entre a corrente de curto-circuito medida versus a esperada (linha amarela) e a medida corrigida e esperada (linha azul) para a UG 3 pertencente a UFV de Paracatu.

Apesar de todos os *strings* possuírem a mesma configuração é possível observar que a variação da diferença entre ISC medida e esperada foi maior para as UG 2 e 3, além de maior oscilação das diferenças entre *strings* da mesma UG. De acordo com a norma ABNT NBR 16274: 2014, para sistemas com múltiplas séries fotovoltaicas idênticas e condições de irradiância estáveis, as medições de corrente de cada série devem ser comparadas. Porém, essa comparação é recomendada visando averiguar se as condições de conexão estão adequadas, conforme esperado e projetado. A deposição de sujidades e a não uniformidade entre as densidades de deposição nos diferentes strings das UGs podem causar ruídos capazes de gerar erros de interpretação dos resultados monitorados. Neste caso, recomenda-se sempre avaliar as condições de limpeza de cada string das respectivas UGs, podendo ser feita durante a inspeção visual.

4. CONCLUSÃO

O comissionamento é um procedimento que deve ser feito posteriormente a conclusão da instalação e conexão da UFV à rede elétrica, sendo necessária a realização de uma série de ensaios definidos na norma ABNT NBR 16274:2014 (*Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho*) e na internacional IEC 62446:2014 (*Photovoltaic (PV) Systems - Requirements For Testing, Documentation And Maintenance - Part 1: Grid Connected Systems – Minimum Requirements for System Documentation, Commissioning Tests and Inspection*). O comissionamento é feito com o objetivo de comprovar o correto funcionamento de todos os componentes do sistema, inclusive das séries FV, verificando e validando a UFV, visando identificar problemas que possam comprometer a segurança e a eficiência

da geração de energia. Para isso, medições são realizadas durante diferentes testes elétricos e térmicos, como polaridade, continuidade, corrente de curto-circuito (ISC), tensão de circuito aberto (VOC), resistência de isolamento e de contato de aterramento, entre outros.

Este artigo mostrou os resultados de medição obtidos durante o teste de comissionamento feito em duas usinas FV:

(i) instalada no semi-árido do Estado de Minas Gerais, em Januária, com 4,39 MWp de potência nominal de gerador FV composto por módulos de silício monocristalino e 3,00 MWp de inversor (sobrecarga de ~1,46%) e (ii) instalada na zona climática Equatorial do Estado de Minas Gerais, em Paracatu, com potência FV de 3,41MWp de tecnologia silício monocristalino e 2,50 MWp de inversor, resultando em uma sobrecarga em torno de 37%.

Durante o comissionamento foi observado que os módulos FV de ambas as usinas FV apresentavam sujidades depositadas sobre estes. A sujidade depositada sobre o FV pode funcionar como uma barreira para absorção da irradiância por este dispositivo, reduzindo a corrente gerada. Por este motivo, os resultados coletados durante os testes podem ser influenciados pela sujidade, podendo causar erros de interpretação dos dados, mostrando falsas falhas relativas aos módulos e/ou a série FV, inclusive problemas referentes a conexão.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo apresentar uma metodologia que fosse eficaz na determinação das perdas na corrente de curto-circuito de séries FV, devido as diferentes condições de deposição de sujidades – através da determinação da taxa de sujidade (S_{Ratio}) obtida utilizando dados medidos durante os testes. A taxa de sujidade (S_{Ratio}) foi determinado para cada string de todas as unidades de geração (UGs) das duas UFVs. Em seguida, a corrente de curto-circuito medida foi corrigida em relação a condição de sujidade encontrada (S_{Ratio}), indicando a corrente que a série FV deveria gerar caso os módulos estivessem limpos, ou seja, quando o S_{Ratio} fosse igual a 1.

Os resultados indicaram que a usina de Paracatu, localizada na zona climática Equatorial, apresentou maior taxa de deposição de sujidades em relação a UFV de Januária, instalada na zona climática semi-árida. Mas a maior deposição de sujidades em Paracatu ocorreu devido a época do ano em que os testes de comissionamento foram realizados. Na UFV de Paracatu, os testes foram feitos no final de junho, período de estiagem, enquanto na UFV de Januária, estes testes foram realizados no final de abril e início de maio, logo após período chuvoso. Além disso, foi notado que na UFV Januária, a UG 2 (S_{Ratio} médio ~0,93) apresentou maior redução da corrente de curto-circuito devido a sujidade, seguida por UG 3 (S_{Ratio} médio 0,97) e por UG 1 (S_{Ratio} médio ~0,98). A UG 2 apresentou maior

deposição de sujidades em seus módulos devido a sua proximidade a via de trânsito interna UFV. A diferença entre a corrente medida e esperada, conforme norma ABNT NBR 16274:2014, resultou em valores abaixo que 100% para a maioria dos *strings* de todas as UGS da UFV Januária, indicando que a corrente medida foi menor que a esperada. Porém, após a correção deste parâmetro elétrico em relação as condições de sujidade identificadas para cada string avaliado, a diferença percentual obtida para cada série FV mostrou estar próxima ao 100%, o que demonstra que a corrente gerada aproxima do valor esperado, demonstrando conformidade quanto a operação das séries FVs.

Já na UFV Paracatu, o maior impacto da sujidade foi identificado na corrente de curto-circuito da UG 3 (SRatio médio de 0,91), seguido da UG 2 (SRatio médio ~0,92) e UG 1 (SRatio médio ~0,94), indicando uma deposição mais uniforme entre as UGs. Outra observação feita consiste na maior oscilação da diferença percentual entre corrente medida e a esperada, mesmo para as *strings* com mesma configuração, podendo ser justificado como influência das diferentes densidades de deposição e a não uniformidade entre as séries FV.

Os resultados deste trabalho demonstram a importância em associar os resultados obtidos na inspeção visual juntamente com os de medição durante testes de comissionamento, indicando o potencial de impacto da sujidade na interpretação precipitada que possa indicar falsas falhas na operação UFV.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), a CEMIG (*Companhia Energética de Minas Gerais*) e as instituições internacionais NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) e RASEI/CU (*Renewable and Sustainable Energy Institute/University of Colorado*) pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Appels, R.; Lefevre, B.; Herteleer, B.; Goverde, H.; Beerten, A.; Paesen, R.; Medts, K.; Driesen, J.; Poortmans, J. Effect of soiling on photovoltaic modules. *Solar Energy*, v. 96, p. 283 – 291, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 16274 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho, 2014.

Costa, S. C. S. Avaliação do potencial dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica com geradores de diversas tecnologias. 2011. 82 f. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Pós-Graduação Engenharia Mecânica, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Costa, S. C. S. Estudo abrangente do efeito da sujidade no desempenho de módulos e sistemas fotovoltaicos. 2018. 156

f. Projeto (Graduação). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Curso Engenharia de Energia, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Costa, S. C. S.; Kazmerski, L. L.; Diniz, A. S. A. C. Estimate of soiling rates based on soiling monitoring station and PV system data: case study for Equatorial-Climate Brazil. *IEEE Journal of Photovoltaics*, v. 11, p. 461 – 468, 2021.

Costa, S. C. S.; Kazmerski, L. L.; Diniz, A. S. A. C. Impact of soiling on Si and CdTe PV modules: Case study in different Brazil climate zones. *Energy Conversion and Management: X*, v. 10, 2021.

Cunningham, J.; Hernday, P.; Mokri, J. Commissioning for PV performance. Disponível em: <<https://sunspec.org/wp-content/uploads/2015/06/SunSpec-Best-Practice-Guide-Commissioning-for-PV-Performance-D42039-1.pdf>>. Acessado em: 15 dez. 2021.

Deceglie, M. G.; Muller, M.; Defreitas, Z.; Kurtz, S. A scalable method for extracting soiling rates from PV production data. 2016 IEEE 43 rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), p. 2061-2065, 2016.

Gostein, M.; Duster, T.; Thuman, C. Accurately measuring PV soiling losses with soiling station employing module power measurements. 2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2015.

International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 62446-1: Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection, 2014.

International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 60904-1: Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics, 2020.

International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 60891: Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics, 2009.

Lemos, L. O. Estudo do efeito do acúmulo de sujidade na eficiência de módulos fotovoltaicos. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Curso Engenharia de Materiais, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Mani, M.; Pillai, R. Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, p. 3124 – 3131, 2010.

Micheli, L.; Muller, M. An investigation of the key parameters for predicting PV soiling losses. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 25, p. 291-307, 2017.

Øvrum, Ø.; Marchetti, J.M.; Kelesoglu, S.; Marstein, E.S. Comparative analysis of site-specific soiling losses on PV power production. *IEEE Journal of Photovoltaics*, v. 11, p. 158 – 163, 2021.

Qasem, H.; Betts, T. R.; Müllejans, H.; Albusairi, H.; Gottschalg, R. Dust- induced shading on photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 22, p. 218 – 226, 2014.

Capítulo 6



10.37423/220505921

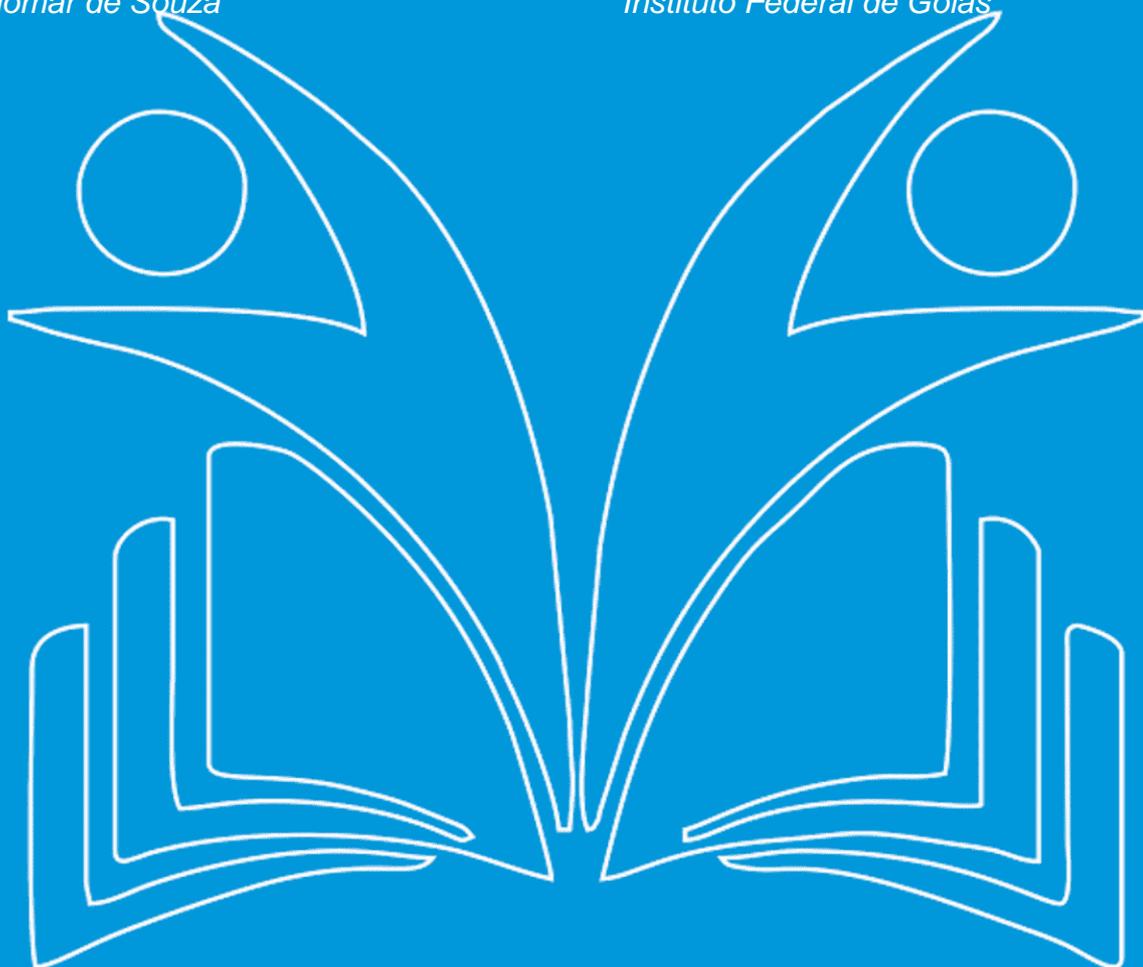
EXPLORANDO A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL EM TERMOS DE CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO ON-LINE

Simone Ariomar de Souza

Instituto Federal de Goiás

Sigreice Ariomar de Souza

Instituto Federal de Goiás



Resumo: Este artigo resulta da pesquisa bibliográfica realizada com o objetivo de investigar as possíveis contribuições da Teoria Histórico-Cultural (THC) para a educação on-line. As análises foram realizadas tendo como balizador e lente de percepção da realidade o enfoque histórico-cultural. Concluímos que: (1) embora Vigotski não tenha vislumbrado o avanço tecnológico atual, seus pressupostos se adotados no âmbito da educação on-line, muito contribuem com essa modalidade de ensino e aprendizagem, a partir do uso consciente das tecnologias de informação e comunicação (TICs) ¹. Em outros termos, na educação on-line, por meio das TICs, é possível ao professor, embasado na THC, promover possibilidades de aprendizado e desenvolvimento cognitivo de seus alunos; (2) embora as TICs sejam instrumentos imprescindíveis no contexto da educação on-line, não são auto-suficientes e não substituem o professor, ao contrário, exigem a supervisão de um educador crítico, consciente, formado, capacitado, dedicado e comprometido não apenas em instigar a interação entre os alunos, mas em interagir com os mesmos, participando e fazendo-os participar ativamente do movimento dialético de ensino e aprendizagem; (3) para vislumbrar qualidade na educação on-line é imprescindível que os alunos saibam utilizar as TICs, estejam conscientes da proposta de ensino e aprendizagem e, sobretudo dispostos ao desafio de estudar.

Palavras chaves: Educação on-line. Teoria Histórico-Cultural. Tecnologias de Informação e Comunicação.

I-INTRODUÇÃO

Vivenciamos um momento histórico de profundos avanços tecnológicos. E esses avanços, têm causado fortes impactos na sociedade, ora positivos, ora negativos.

O fato é que, a priori as TICs parecem resolver todos os problemas da sociedade, pois têm o poder de otimizar o tempo, atravessar fronteiras em segundos e multiplicar informações de forma eficiente.

Entretanto, as TICs são altamente dicotômicas, pois a mesma internet que nos transporta instantaneamente pelo tempo e espaço virtual, numa espécie de afronta, furta-nos as prioridades e nos faz reféns da nossa própria ação. Em outras palavras, não temos tempo para conversar, ler, estudar, realizar atividades sociais e culturais, embora, sempre há espaço para responder e-mails, visitar redes sociais, ou quaisquer atividades de caráter virtual.

Na educação, o episódio se repete: se por um lado, as TICs podem proporcionar meios eficazes para o conhecimento e reflexão das práticas educativas tradicionais, por outro, podem comprometer o tempo das discussões em sala de aula e se infiltrar como concorrente ao professor em relação à atenção dos alunos.

Nessa direção, é extremamente oportuno questionar tanto a formação e consciência de uso das TICs, por parte dos docentes, quanto à maturidade dos discentes e a qualidade do processo de ensino e aprendizagem realizado por ambos. Além disso, já faz tempo que “inauguramos” a era da educação on-line e também não há como se esquivar ou não se posicionar a respeito das vantagens e desvantagens no processo de ensino e aprendizagem, apresentadas por essa modalidade pedagógica, completamente impregnada de TICs.

Polêmicos e intimamente ligados, esses assuntos merecem destaque especial dentro da área educacional. Entretanto nesse momento, se faz necessário para melhor discutir, um recorte. Elegemos abordar o tema “educação on-line” privilegiando suas vantagens na sociedade, por também enfocar a questão do uso das TICs. Conduziremos a discussão, articulando a educação on-line na perspectiva da THC por acreditarmos que a teoria vigotskiana muito tem a contribuir para essa modalidade de ensino e aprendizagem.

Portanto, esse estudo buscar-se-á indicativo de resposta à seguinte questão: Na educação on-line, por meio das TICs, será possível ao professor, embasado na THC, promover possibilidades de aprendizado e desenvolvimento cognitivo de seus alunos? Em outros termos, seria a educação on-line através das TICs, um espaço propício à aplicação promissora da teoria vigotskiana?

II-EDUCAÇÃO ON-LINE/TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Julgamos necessário definir o que entendemos por educação on-line para melhor qualidade das reflexões que pretendemos provocar nos leitores.

De acordo com Santos, a educação on-line é entendida da seguinte forma:

A educação on-line é uma modalidade de educação que pode ser vivenciada e exercida para potencializar situações de aprendizagem mediadas por encontros presenciais, totalmente a distância ou híbridos, em que os encontros presenciais podem ser combinados com encontros mediados pelos ambientes virtuais de aprendizagem ou tecnologias de informação e comunicação digitais on-line. (SANTOS, 2005).

A nosso ver, educação on-line é uma modalidade de ensino e aprendizagem por meio das TICs que dispensa a presença física dos professores e alunos, no mesmo espaço e por vezes também, no mesmo tempo.

De certa forma, essa modalidade de ensino e aprendizagem ainda se constitui novidade e é palco simultâneo de elogios e críticas por parte da sociedade em geral. Portanto, se há preconceitos em relação a educação on-line é porque a mesma é vista e compreendida de maneiras diferentes.

Apregoa-se pelos meios de comunicação que a educação on-line pela versatilidade, flexibilidade e capacidade de inclusão, oportuniza e possibilita a formação de uma parcela da sociedade, que não dispõe de tempo e recursos para a educação presencial.

Entretanto, esse assunto é bastante delicado e envolve uma série de questões complexas a ser discutidas, pois a revolução tecnológica não atinge a todos de maneira equitativa e democrática, sobretudo os menos favorecidos. Cabe, portanto questionar se não estão tendenciosamente confundindo a inclusão com exclusão digital.

Acrescenta-se a isso, a falta de formação dos professores para uso das TICs, bem como, a qualidade duvidosa de cursos on-line que não exigem dedicação e oferecem uma série de facilidades aos alunos, deixando evidente que a educação virou comércio.

No entanto, nossa posição não é contrária ao ensino on-line, desde que seja um ensino sério e lícito, pois acreditamos que se o processo for planejado por um professor capacitado em consonância com os alunos, há possibilidades de êxito no processo de ensino e aprendizagem através das TICs.

Defendemos que a educação on-line através das TICs é um espaço propício à aplicação promissora da teoria vigotskiana, pois se nos reportarmos a THC podemos perceber frutuosas contribuições para educação on-line, a partir do uso consciente das TICs.

No entanto, primeiro é preciso situar o leitor: A THC têm como principal expoente Vigotski (1896-1934), um intelectual brilhante com formação multidisciplinar e com contribuições relevantes, sobretudo nos campos da psicologia e educação.

A maneira vigotskiana, para analisar o percurso profissional e intelectual de Vigotski, não se pode desprezar o contexto sociopolítico e cultural no qual ele esteve inserido durante sua trajetória.

Lev Semenovich Vigotski recebeu estímulo intelectual desde o berço, proveniente de família judia, culta e abastada financeiramente, teve acesso ao aprendizado de diversas línguas e parte de sua formação inicial fora realizada através de tutores particulares.

Em 1917, Vigotski formou-se em Direito e literatura, na universidade de Moscou. Entretanto, também frequentou cursos de história, psicologia e mais tarde, até de medicina.

No auge do período pós-revolucionário da União Soviética, época em que a pesquisa era extremamente valorizada em decorrência aos anseios da sociedade em processo de transformação, Vigotski se dedicava profissionalmente a docência e a pesquisa na área de psicologia.

Nessa época, a psicologia atravessava um período de crise e se dividia em duas correntes: de um lado, uma psicologia natural, que tomava o homem como corpo, limitando-se a análise de processos elementares (ações reflexas, reações automatizadas, por exemplo) e de outro lado, uma psicologia como ciência mental, que não admitia o estudo das funções psicológicas superiores (controle consciente do pensamento e memorização ativa, por exemplo) de forma aceitável pela ciência, uma vez que considerava esses elementos intrinsecamente ligados ao espírito, à religião.

A verdade é que ambas as psicologias não contemplavam o homem do ponto de vista histórico-cultural, o que impulsionou Vigotski a busca de uma nova psicologia, baseada na dialética marxista e conhecida como THC.

É importante destacar que THC não chega a se constituir um trabalho completo, embora alicerçados em bases sólidas, seus escritos abrem caminhos para novas e instigantes investigações.

Na THC, o desenvolvimento psicológico humano é visto como resultado da aprendizagem adquirida por meio de interações entre os indivíduos com meio social e cultural. Sendo que os principais conceitos vigotskianos são: mediação, zona de desenvolvimento proximal (ZDP), linguagem, pensamento, instrumentos e signos.

Claramente isso nos permite afirmar que a educação on-line pode se beneficiar dos pressupostos vigotskianos. Por exemplo, a questão da mediação pode ser uma constante no ensino e aprendizagem on-line, a partir da condução do processo realizado pelo professor.

Observe que entre os maiores instrumentos de mediação na educação on-line, o computador se destaca por possibilitar eficazes condições para que haja aprendizado. De fato, por meio de imagens, linguagens oral e escrita, sons ou vídeos, o computador conectado a internet, é um espaço vasto para qual o aluno possa procurar e, aos poucos, dominar uma nova linguagem.

Apoiamo-nos em Freitas que argumenta em favor da importância do papel exercido pelo computador e pela internet, como instrumentos de linguagem, de leitura e da escrita:

Como instrumento informático, o computador é um operador simbólico, pois seu próprio funcionamento depende de símbolos. Seus programas são constituídos a partir de uma linguagem binária. Para acioná-lo, temos que seguir instruções na tela, movimentando o mouse em diferentes ícones ou usando o teclado (com letras e números) para redigir instruções e colocá-lo em ação. A navegação é toda feita a partir da leitura/escrita. É lendo/escrevendo que interagimos com pessoas a distância através de e-mail, ou de bate papos em canais de chats ou participamos de comunidades nos Orkuts. É lendo/escrevendo que navegamos por sites da internet num trajeto hipertextual em busca de informações ou entretenimento. (FREITAS, 2009).

Isso significa que o aluno pode passar a ser agente do seu próprio conhecimento porque ele aprende a aprender, e o professor de simples transmissor de teorias pode passar a ser viabilizador indispensável desse processo de ensino e aprendizagem, indicando não apenas os caminhos para que os alunos possam apropriar-se dos conhecimentos para desenvolver-se, mas também se colocando a caminho, na busca interminável do saber.

No ambiente virtual as aulas podem ficar mais atrativas porque as pessoas são conduzidas a debates, discussões e trocas de experiências, uma vez que a presença virtual é aferida através da participação e interação dos alunos.

Isso pode resultar numa série de benefícios do ponto de vista histórico-cultural, uma vez que o conhecimento é concebido como resultado de interações interpessoais e intrapessoais.

Por outro lado, não podemos desavisadamente aceitar a idéia absurda de que o computador ou as redes conseguem lidar de forma independente com o processo de ensino e aprendizagem, mesmo porque essa hipótese contradiz os pressupostos vigotskianos, conforme nos alerta Durán:

Por destacar a relevância das implicações histórico-culturais no plano educacional, é lícito afirmar que os postulados de Vygotsky colocam em xeque e até mesmo geram uma certa desconfiança diante dos pregoeiros que apresentam os computadores ou as redes como instrumentos auto-suficientes, capazes de revolucionar a educação apenas em função do caráter provocativo da linguagem digital em relação a emergência das novas modalidades de pensamento (DURÁN, 2005).

Concordamos com Castro (2008), que Vigotski tenha anunciado, por meio da citação abaixo, a possibilidade de colaboração virtual sem a presença física do adulto/professor:

Quando em casa a criança resolve um problema com base num modelo que lhe mostraram na sala de aula, ela continua a agir em colaboração, embora no momento o professor não esteja ao seu lado. De uma perspectiva psicológica, a solução do segundo problema é similar a essa solução de um problema em casa. É uma solução alcançada com a ajuda do professor. Essa ajuda – esse aspecto de colaboração – está invisivelmente presente. Está contida no que parece, de fora, a solução independente dada ao problema pela criança (VIGOTSKI, 1996-1998. p. 216, apud DANIELS, 2003).

Defendemos também que todo aluno, seja participante da educação on-line ou não, necessita de um tempo para que “sozinho”, sem a presença virtual ou física do professor ou mesmo dos colegas, possa reconstruir os supostos aprendizados e desenvolver a sua autonomia. Embora, ainda que o aluno esteja sozinho, o professor com seus comentários e ensinamentos, os colegas e o próprio meio, deixam marcas e, portanto ainda que ausentes, sempre estarão presentes.

Portanto é possível traçar algumas comparações das tarefas de casa em um curso presencial e a educação on-line. Se bem que na educação on-line, o professor pode ser por vezes até mais presente do que nos cursos presenciais, onde as dúvidas surgem em casa e só serão solucionadas no próximo encontro físico, ao passo que as dúvidas nos meios virtuais, são tratadas e discutidas praticamente de forma imediata, à medida que surgem.

No contexto da THC, outro elemento fundamental é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), o qual é explicado do seguinte modo:

A criança é capaz de imitar uma série de ações que ultrapassam suas próprias competências, mas somente dentro de limites. Por meio da imitação, a criança é capaz de desempenhar muito melhor quando acompanhada e guiada por adultos do que quando deixada sozinha, e pode fazer isso com entendimento e independência. A diferença entre o nível de tarefas resolvidas que podem ser desempenhadas com a orientação e auxílio de adultos e o nível de tarefas resolvidas de modo independente é a zona de desenvolvimento proximal (VIGOTSKI, 1982, p. 117).

Cabe-nos perguntar se na educação on-line é possível ao professor, identificar a ZDP de seus alunos a fim de intervir e criar oportunidades de aprendizagem?

A nosso ver, a resposta é positiva, uma vez que os espaços virtuais, se bem empregados, podem facilitar a comunicação entre alunos e professores, provocando debates e troca de informações relacionadas a problemas concretos e abstratos.

Portanto, para que a educação on-line de fato, seja satisfatória em termos de qualidade no processo de ensino e aprendizagem, em sintonia com os pressupostos da THC, é preciso formar eficientemente o docente e o discente, visando à utilização consciente das TICs, caso o contrário, disfarçados na roupagem on-line, poderemos retroceder na qualidade e descaracterizar os objetivos do processo educativo.

É importante destacar que não defendemos que a THC tenha potencial a resolver todas as complexas questões relacionadas ao ensino on-line ou constitua-se o único estudo que possa contribuir nessa direção. Por ora, afirmamos que educação on-line tem muito a se beneficiar da THC, uma vez que o espaço on-line a nosso ver, é uma oportunidade ao professor, por meio das TICs, de promoção do desenvolvimento cognitivo dos alunos.

III- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que: (1) embora Vigotski não tenha vislumbrado o avanço tecnológico atual, seus pressupostos se adotados no âmbito da educação on-line, muito contribuem com essa modalidade de ensino e aprendizagem, a partir do uso consciente das TICs. Em outros termos, na educação on-line, por meio das TICs, é possível ao professor, embasado na THC, promover possibilidades de aprendizado e desenvolvimento cognitivo de seus alunos; (2) embora as TICs sejam instrumentos imprescindíveis no contexto da educação on-line, não são auto-suficientes e não substituem o professor, ao contrário, exigem a supervisão de um educador crítico, consciente, formado, capacitado, dedicado e comprometido não apenas em instigar a interação entre os alunos, mas em interagir com os mesmos, participando e fazendo- os participar ativamente do movimento dialético de ensino e aprendizagem; (3) para vislumbrar qualidade na educação on-line é imprescindível que os alunos saibam utilizar as TICs, estejam conscientes da proposta de ensino e aprendizagem e, sobretudo dispostos ao desafio de estudar.

IV- REFERÊNCIAS

CASTRO, R. F. Aprendizagem e trabalho colaborativo na Educação a Distância. Dissertação de Mestrado. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2008.

FREITAS, M. T. A. Janela sobre a utopia: computador e internet a partir do olhar da abordagem HistóricoCulturalIn: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, n.32.2009; Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/32ra/arquivos/trabalhos/GT16-5857--Int.pdf>> Acesso em: 17 nov 2012.

DANIELS, Harry. Vygotsky e a Pedagogia. São Paulo: Loyola, 2003.

DURÁN, D. Os impactos das tecnologias da comunicação e informação na educação: uma perspectiva vygotskyanaIn: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, n.28.2005; Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/28/textos/gt20/gt201448int.rtf>> Acesso em: 29 nov 2012.

OLIVEIRA, M. K. VYGOTSKY Aprendizagem e Desenvolvimento Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2004.

REGO, T. C. VYGOTSKY Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 2011.

SANTOS, E. O. dos. Educação on-line: a dinâmica sociotécnica para além da educação a distância. In: PRETTO, N. De L(org.). TECNOLOGIA & NOVAS EDUCAÇÃOES, Salvador, EDUFBA, v.1. 2005;

VYGOTSKY, L. S. The Collected Works. Vol.5. Nova York: Plenum Press, 1996- 1998.

VYGOTSKI, L. S. Obras Escogidas. Tomo I, Madrid: Visor, 1982.

ANEXO

¹Entendemos por TICs todas as tecnologias que possibilitam a veiculação da informação e comunicação, e ao mesmo tempo permitem interações instantâneas ente os sujeitos. Por exemplo, o computador conectado à internet.

² We understand by information technologies and communication technologies that enable all serving the information and communication, and simultaneously allow instant interactions being the subjects. For example, the computer connected to the internet.

Capítulo 7



10.37423/220505933

QUÍMICA NO ENSINO REMOTO: UMA PROPOSTA DE APLICATIVO PARA COMPLEMENTAR A APRENDIZAGEM

Felipe dos Santos Lima

Universidade Federal do Maranhão

Jemmla Meira Trindade

Universidade Federal do Maranhão

Janyeid Karla Castro Sousa

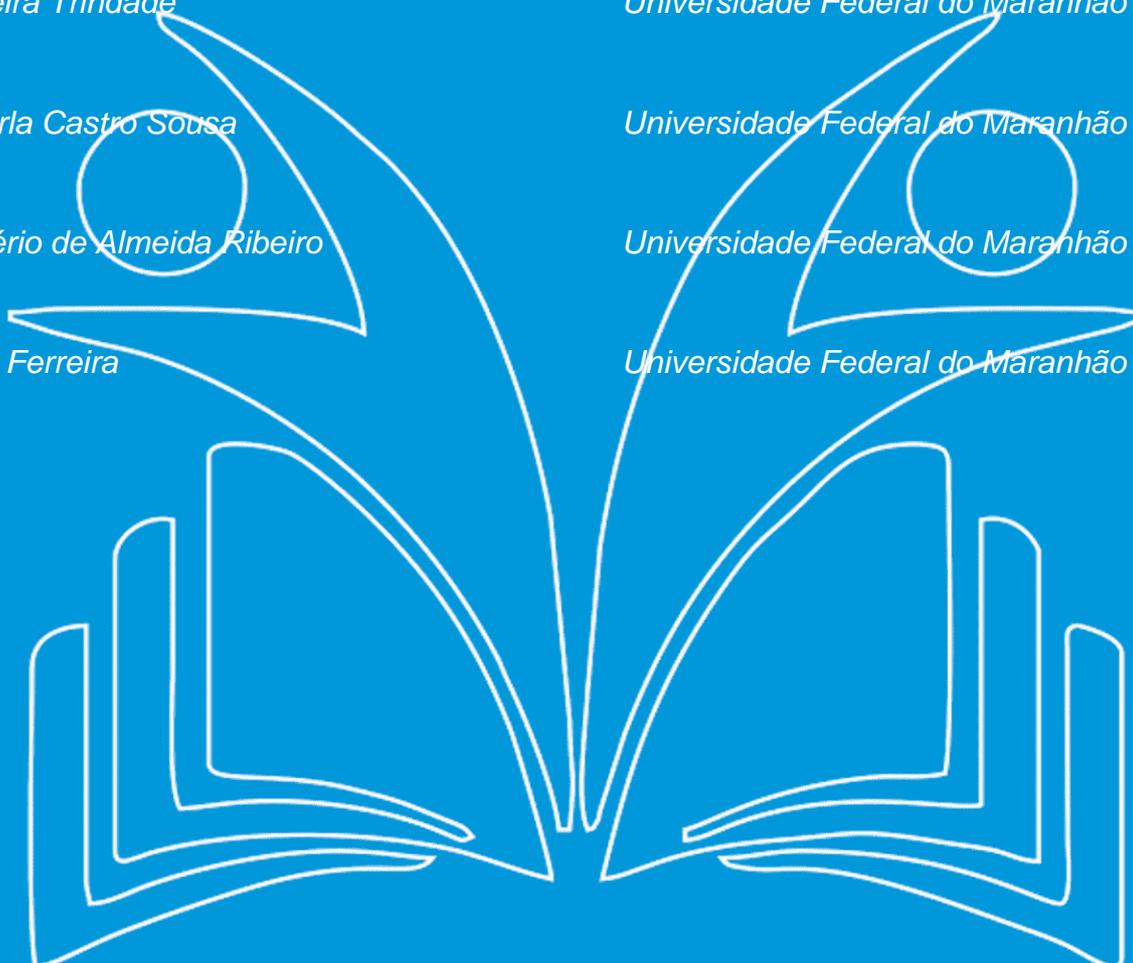
Universidade Federal do Maranhão

Paulo Rogério de Almeida Ribeiro

Universidade Federal do Maranhão

Maira Silva Ferreira

Universidade Federal do Maranhão



Resumo: Em virtude da evolução das tecnologias da informação e comunicação a educação tem passado, no contexto de metodologias de ensino, por grandes mudanças o que permitem criar outras ferramentas que auxiliam no processo de aprendizagem. A Química é uma ciência experimental e possui conceitos abstratos, o que na prática exige do aluno uma grande dedicação e exercitação, demandando, dessa forma, de ferramentas que promovam maior rendimento na aprendizagem do aluno. Nessa conjuntura, este trabalho tem como objetivo desenvolver um aplicativo, jogo Quiz, que irá auxiliar no processo de aprendizagem do aluno e proporcionar um acompanhamento dos conteúdos iniciais da disciplina de química experimental na forma remota. Para elaboração deste aplicativo, inicialmente, foi realizado um estudo sobre requisitos funcionais, que promovesse uso do software, por diversos alunos, inclusive os deficientes visuais. Posteriormente foi criado os layouts, onde o professor pode, de forma remota, adicionar perguntas referentes às aulas, reforçando aprendizagem. Diante disso o docente da disciplina de química experimental dispõe de uma ferramenta tecnológica que, somada ao uso de tecnologias à mão dos alunos, como *smartphones* e seus aplicativos, potencializam a interação, comunicação e possibilidades de compreensão de conteúdos.

Palavras-chave: Tecnologia de informação e comunicação; Aplicativo; Química Experimental; Jogo Quiz; Ensino Remoto.

INTRODUÇÃO

O uso de ferramentas tecnológicas, que mantém as pessoas informadas e conectadas com o mundo através dos tablets e smartphones, por exemplos, é cada vez mais comum na nossa sociedade. Este fato, de acordo com Silva (2010), torna inevitável a inserção das tecnologias da informação e comunicação (TICs) nas práticas pedagógicas, uma vez que elas vêm sendo usadas em grande escala. Desse modo, de acordo com Brito (2006) as instituições de ensino, vêm tentando dar saltos quantitativos, transformando seus recursos de aprendizagem de ensino tradicionais, como uso de livros e quadros, para uma aprendizagem mais digital. Contudo, essas transformações não bastam apenas nas quebras de tradições de tecnologias ensino, pois são inúmeras dificuldades encontradas pelos docentes no acompanhamento remoto, especialmente, aos mais antigos.

Nessa perspectiva, o avanço da TIC aperfeiçoa uma modalidade educacional, o desenvolvimento *Mobile Learning* (Aprendizagem Móvel) (Silva, 2010). O *mobile learning* pode minimizar as dificuldades encontradas pelos docentes no acompanhamento remoto, pois, o uso dessas tecnologias portáteis possibilita e facilita a conexão em rede entre discente e docente. No entanto, é preciso desenvolver possibilidades viáveis de uso, além de traçar um apoio de ensino durante todo o processo de aprendizagem. O uso *mobile Learning* faz parte hoje do documento intitulado “Diretrizes de Políticas para o Aprendizado Móvel”, que define o termo de aprendizagem móvel como uma ferramenta que tem por finalidade aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar. O termo afirma ainda, que essa aprendizagem pode ocorrer de várias formas: usando aparelhos, conectar as outras pessoas e criar conteúdo, dentro ou fora da sala (UNESCO, 2014).

Nesse contexto, o trabalho proposto é contribuir para implementação de estratégias de ensino e de aprendizagem da disciplina de química experimental, de forma, a viabilizar um acompanhamento remoto, que contribua para o desenvolvimento da compressão da química, por meio de um jogo. Há poucos estudos na literatura referente a *mobile learning* para ensino de química experimental, principalmente, na possibilidade deste usuário ter a deficiência visual, o que é também uma das relevâncias deste trabalho. (Libman e Huang, 2013; Ekins et al., 2013; Feldt et al., 2012; Bonifacio, 2012; Williams e Pence, 2011; García-Ruiz et al., 2012).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção do jogo digital utilizou-se de engenharia de requisitos, para promover uma maior eficiência do jogo, que também poderá ser utilizado por pessoas com deficiência visual, pois ele tem essa vertente também assistiva. Neste trabalho o jogo é denominado de QuimAssLab. Para isso, o

trabalho foi desenvolvido para alunos sem ou com deficiência visual - que possuem diferentes níveis de deficiências visuais, tais como acuidade visual, baixa visão e cegueira total, além do uso pelos professores. Desse modo, o aplicativo aponta funcionalidades essenciais, que atendem as especificidades para uso e satisfaz a categoria de tecnologia assistiva. A análise dos requisitos funcionais procederam a partir de pesquisas bibliográficas, os quais destacam-se: as necessidades das pessoas com deficiência visual; Constituição Federal do Brasil, 1988; e as teorias de aprendizagem (Keller,1973), (Piaget,1983), (Rogers, 1977), (Oliveira, 1997), (Vigotski,1995), (Feldt et al. 2012); (Williams e Pence 2011); (Garcia-ruiz et al. 2012) e (NBR ISO/IEC 14598,2003).

Como um dos objetivos é criar um jogo educacional, a questão pedagógica, foi imprescindível no software. Nesse quesito, foi utilizado como base inicial teórica o material de estudo adotado na disciplina de Química Experimental do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). A partir disso, propõem-se uma etapa inicial, o nível 1 com perguntas já cadastradas. O programa de estudo, leva em consideração, a ementa da disciplina, com foco em noções básicas de trabalho no laboratório, apresentação e utilização de vidrarias e materiais que compõe o ambiente.

Após o levantamento de funcionalidade, com base na literatura e nas necessidades dos professores de química do Curso, selecionou-se algumas funcionalidades para o app, que são: (i) mensagens sonoras, (ii) leitura da tela, (iii) métodos que permitem a repetição de leitura do texto da tela, (iv) mudanças de cor da tela do fundo, (v) opções de botões o que servirão de parâmetros para confirmar a usabilidade do jogo educacional, (vi) interação – comunicação via WhatsApp, (vii) conectar aos aparelhos portáteis e (viii) cadastro de cartão de perguntas exclusivas a professores .

Para construção do aplicativo utilizou-se de uma plataforma open source, Flutter. O Flutter é plataforma desenvolvida pelo Google com portabilidade em sistemas operacionais IOS e ANDROID, que tem como característica a utilização da linguagem Dart (Dagne, 2019). Além disso, o Flutter permite componentes de visualização com a sua própria renderização, isso é possível, pois a linguagem Dart possui uma compilação Virtual Machine (VM) com just-in-time (JIT) em compilador ahead-of-time (AOT), resultando na criação de interface dinâmica com personalização de interface.

O aplicativo oferece uma seção de cadastro e uma seção de atualização de perguntas, acessado apenas por professores. Contudo, esse processo ocorre pela utilização de banco de dados não relacional, o Firebase Real Time Database. O software desenvolvido neste trabalho utiliza essa plataforma, por sua portabilidade em aplicativos mobile e web, além de sua localização ser em nuvem. Esse banco possui

como característica uma árvore JSON em que todos os dados são armazenados em nós, facilitando na sua modelagem. Porém o maior benefício do Firebase é a sua sincronização instantânea de dados. Desse modo, o jogo educacional, tem como vantagem a sincronização de perguntas do quiz, ou seja, atualização do banco de dados, modificados quando necessário, em tempo real. Isso é possível pela utilização do Firebase Realtime Database, que possui muitas funções incorporadas, como funcionar offline e ao retornar a conexão, atualizar o banco de dados do jogo para todos os usuários conectados (Silberschatz, Sundarshan e Korth, 2016).

Para construção do aplicativo utilizou-se o diagrama de caso de uso. Este diagrama especifica uma sequência de interações entre o sistema e os agentes que o sistema utiliza, seguindo os requisitos da acessibilidade (Figura 01).



Figura 01. Diagrama de caso de uso.

Diante disso, iniciou-se a construção do layout do aplicativo. O primeiro passo foi o desenvolvimento das telas que foram divididas em etapas, sendo a etapa do menu de perguntas, a etapa da projeção das perguntas e a etapa de resultado final.

A etapa do menu, consiste na criação da tela que antecede as perguntas do jogo. Nessa etapa, foi criada uma aba de autenticação. O protótipo precisa de validação de acesso a tela de perguntas, isso só é possível pelo uso da senha de acesso. O usuário terá acesso a essa aba deslizando o dedo na tela da esquerda para direita, que após a confirmação será transferido para tela de cadastro de perguntas (Figura 02).



Figura 02. Tela restrita.

A etapa da projeção das perguntas consiste do treinamento do usuário até os cards de pergunta do jogo. Essa etapa foi responsável por criar o layout padrão durante todo jogo de perguntas. Para construção do layout consideraram-se os requisitos de leitura e releitura da tela. Dessa maneira, foi feita a divisão da tela em quatro partes que pudessem ser clicadas e diferenciadas pelo usuário, permitindo sua usabilidade, por modos de cores distintas, que são intensificadas e lidas por mensagem de voz, quando clicadas. A tela, dessa etapa, é dividida em quatro partes, que são separadas, possuem tamanhos diferentes e que correspondem a funções específicas.

Os tamanhos dos botões e suas posições obedecem às seguintes estruturas, mostrado na Figura 3: dois botões, na posição horizontal, estão localizados na parte superior e inferior da tela, sendo um responsável pelo texto da pergunta e o outro destinado para a seleção da próxima questão. Os outros dois botões estão paralelos entre si, e sua localização na tela é entre os botões de texto da pergunta e seleção da próxima pergunta na posição vertical, e sua função, quando clicado, é de seleção. Esses dois botões ocupam um papel importante no aplicativo, pois são neles que o usuário pode escolher as alternativas, sendo a opção A (botão na posição esquerda) e opção B (botão na posição direita).



Figura 3. Card do quiz.

Essa etapa é organizada, pelo código de programação, o modo de treinamento. O objetivo do treinamento é tornar o usuário apto ao jogo. Ou seja, desenvolva habilidade de reconhecer as funções de seleção e leituras, por meios de cliques curtos e longos.

A etapa de resultado final versa na criação da tela final. Essa etapa possui uma mensagem de voz que informa, ao usuário, seu resultado final. A tela possui três botões, sendo que estão posicionados de forma vertical, ou seja, um abaixo do outro. O primeiro, na parte superior, está o bloco de quantos acertos do total no nível cadastrado, seguindo de o botão voltar ao jogo e por fim o botão que permite ao usuário compartilhar seu resultado entre o professor ou por outros usuários, via *WhatsApp*. Nessa etapa o usuário poderá ler informações dos botões de pontuação, voltar a jogar e compartilhar resultado e a partir disso, com cliques longos fazer uma ação de acordo com a necessidade (Figura 04).



Figura 04. Tela final.

Ao final desse processo, os conteúdos do projeto foram avaliados conforme os requisitos definidos para o modo acessível que estão apresentados nos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo apresentou uma lista de requisitos respondidos, que constam como requisitos necessários para a usabilidade dos usuários com deficiência (ver Tabela 01).

Tabela 01. Requisitos funcionais

Atividades	Detalhes
Deve conter um menu que separa o jogo com a área restrita.	O Sistema contém um método de ativação para a leitura na área restrita. O que é ativado por toque arrastado da esquerda.
O aplicativo deve gerar um histórico das questões do jogo, separados por níveis.	O Sistema contém uma lista de questões já cadastrada, essa lista é separada por nível de dificuldade.
O aplicativo deve conter tela de treinamento do usuário e que esta possa ser lida aos toques longos.	Neste o sistema oferece um treinamento, a respeito das regras e cliques longos e curtos. Leitura por voz.
O aplicativo deve possuir botão de seleção de duas alternativas de seleção.	O Sistema diferencia toques longos e curtos. o toque curto é para seleção.
O sistema deve conter uma tela que informa as pontuações.	Tela que é ativada logo após o clique longo-leitura por voz.
O sistema deve conter botão que ativa o “voltar o jogo”.	Sistema oferece a volta ao início do jogo.
O sistema deve conter um botão compartilhar resultado.	Compartilhamento é feito pelo acesso via WhatsApp.

O aplicativo possui interfaces simples e intuitivas com cores que contribuem para uma melhor leitura dos usuários de baixa visão. Adicionalmente, a divisão da tela é projetada para tornar a experiência do jogo fácil e prática para utilização. O Sistema oferece no total 5 telas. Cada tela possui o modo

sensibilidade aos toques de três proporções, sendo cliques longos, curtos e deslizes da esquerda para esquerda. A tela inicial (Figura 05), que mostra a logomarca provisória do app, é responsável por orientar o usuário às regras do jogo e guiar para a tela de treinamento, essas informações são dadas por áudio ou ao clicar na logomarca. As instruções têm como objetivos: auxiliar o usuário a reconhecer as divisões das telas; treinar a intensidade dos toques e os retornos que elas oferecem, a exemplo dos toques curtos e longos, respondendo com seleção do bloco ou leitura, respectivamente.

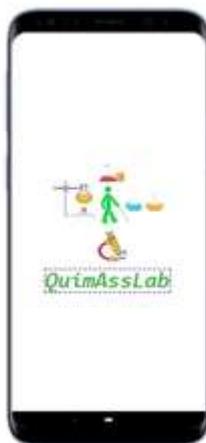


Figura 05. Tela de Inicial com a Logomarca

Contudo, observou-se que após o uso contínuo o treinamento torna-se desnecessário, pois à medida o usuário utiliza-o, tende a adquirir conhecimento do jogo. Deste modo, o aplicativo oferece a opção de pular o treinamento, por clique na tela. Outra observação feita sobre o uso do treinamento é que a melhor forma de orientação é pelo acompanhamento de uma segunda pessoa para auxiliá-lo até a sua autonomia no uso do software.

Ao efetuar opção de pular instruções, o usuário é automaticamente levado para a tela com os cartões de perguntas que oferecem duas opções de escolha. Nessa parte o usuário desenvolve, a partir do jogo, a aprendizagem. De modo que, à medida que se pressiona o botão de leitura do jogo e das alternativas, ele pode marcar a opção que acredita que seja a correta. O jogo, por sua vez, informa quando a alternativa selecionada for a correta ou não, por mensagem de voz (Figura 06).

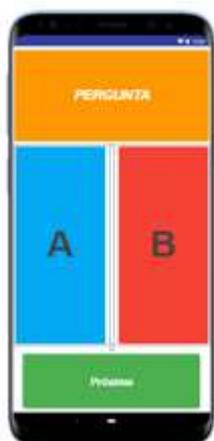


Figura 06. Tela do quiz.

A tela de “acesso restrito” só poderá ser utilizada, pelo professor, e para ter esse acesso o usuário terá uma senha. Após passar pela tela de validação, o professor terá acesso a tela de cadastro de perguntas (Figura 07). A tela de perguntas permite o acesso às perguntas já cadastradas, uma lista separada por nível de dificuldade, no qual o professor pode apagar qualquer pergunta. Além disso, a tela engloba o cadastro de novas perguntas, podendo também ser organizadas por níveis. Os níveis são o modo que o professor utiliza como ferramenta de medir o grau de aprendizagem do aluno. Para isso, o cadastro contém caixas separadas, sinalizadas, que indicam adicionar perguntas, alternativas (duas opções de respostas) e confirmação da alternativa correta.



Figura 07. Tela de cadastro.

A tela do fim do jogo consiste em orientar o usuário sobre o seu grau de aprendizagem do conteúdo estudado de forma lúdica, assim sendo, o jogo informa a quantidade de repostas corretas e o valor da

pontuação correspondente. Ainda sobre a tela do fim do jogo, ela apresenta a opção de voltar a jogar, por clique no botão ou compartilhar resultado, por professor ou colegas, via *WhatsApp* (Figura 08).



Figura 08. Tela final.

CONCLUSÃO

O aplicativo apresenta pontos fortes no seu layout, especialmente por permitir adição de novas perguntas e sincronizá-las de forma instantânea. Ademais, o docente pode utilizar como aliado às tecnologias que já estão à mão dos alunos, como exemplo o celular, e somar com o aplicativo criado no processo de aprendizagem do aluno. Dessa forma, configura uma ferramenta importante para potencializar a aprendizagem, visto que, além de promover a inovação tecnológica educacional, permite apresentar conceitos da área de química de uma forma atrativa e interativa, podendo posteriormente ser utilizado em outras áreas.

REFERÊNCIAS

- Bonifácio, V. D. B. Qr-coded audio periodic table of the elements: a mobile learning tool. *Journal of Chemical Education*. n. 89, p. 552-554, 2012.
- Brasil. Constituição Federal do Brasil: Promulgada em 5 de outubro de 1988. 16 ed. atual. e ampl. – são paulo: saraiva, 1997.
- Brito, G.S. Inclusão digital do profissional professor: entendendo o conceito de tecnologia. 30 Encontro Anual da Anpocs, 2006.
- Dagne, Lukas. Flutter for cross-platform app and sdk development. 2019. disponível em: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172866/lukas%20dagne%20thesis.pdf?sequence=2>. acesso em: 17/06/ 2020
- Ekins, S.; Clark, A. M.; Williams, A. J. Incorporating green chemistry concepts into mobile chemistry applications and their potential uses. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, v.1, n.1, p. 8-13, 2013.
- Feldt, J.; Mata, R. A.; Dieterich, J. M. atomdroid “a computational chemistry tool for mobile platforms”. *journal of chemical information and modeling*, v.52, p. 1072-1078, 2012
- García-ruiz, m. a.; Valdez-Velazquez, I. I.; Gómez-sandoval, z. (2012) Estudio de usabilidade de visualización molecular educativa em um telefone inteligente. *Química nova*, v.35, n.3, p. 648-653, 2012
- Keller, F. S.; Schoenfeld, S. W. Princípios de psicologia: um texto sistemático na ciência do comportamento. tradução: carolina martuscelli bori e rodolfo azzí. São Paulo: epu, 1973.
- Libman, d.; Huang, I. Chemistry on the go: review of chemistry apps on smartphones. *Journal of Chemical Education*, n. 90, p. 320-325, 2013
- Martín, M. B.; La fuentes, B. E.; Diaz, F.R.; Bueno, S.T. niños y niñas con ceguera: recomendaciones para la familia y la escuela. Málaga: ediciones ajibe, 1999.
- NBR ISO/IEC 9126-1:2. Tecnologia de informação: Engenharia de software; Qualidade de produto Parte 1: Modelo de qualidade. Rio de Janeiro, jul. 2003
- Piaget, J. – A epistemologia genética / sabedoria e ilusões da filosofia; problemas de psicologia genética. trad. Nathanael C. Caixeiro, Zilda Abujamra Daeir, Célia E. A. Di Pietro. 2. ed. - São Paulo: abril cultural, 1983.

Rogers, C. Liberdade para aprender. Belo Horizonte: Interlivros, 1977. Unicef. Brasil. <http://www.unicef.org/brazil/jomtien.htm> Acessado em 20/06/2020.

Silberschatz, Abraham; Sundarshan, S.; Korth, Henry F. Sistema de banco de dados. tradução de Daniel Vieira. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016.

Silva, A. K. A.; Correia, A. E. G. C.; Lima, I. F. O conhecimento e as tecnologias na sociedade da informação. Revista Interamericana De Bibliotecología. V. 33, n. 1, 2010, P.01-25.

Silva, Dorivaldo Rodrigues da et al. A educação de pessoas com deficiência visual: requisitos básicos para o desenvolvimento de um aplicativo educacional. 2005.

Unesco. (2014), "O futuro da aprendizagem móvel: implicações para planejadores e gestores de políticas". Brasília: Unesco. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228074> . acesso em: 20/06/2020.

Williams, A. J.; Pence, H. E. . Smart phones, powerful tool in the chemistry classroom. Journal of Chemical Education, n.88, p. 683-686, 2011.

Capítulo 8



10.37423/220505939

ADEQUAÇÃO DA LEI DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E INCENTIVOS NO BRASIL

VANECY MATIAS DA SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI

REGILDA SARAIVA DOS REIS MOREIRA-ARAÚJO *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI*



Resumo: Considerando as expectativas e o desenvolvimento futuro do Brasil por conta de suas ações para promover a inovação após o cumprimento da legislação, visam extrair possíveis visões desses esforços inovadores, a fim de inserir o país na dinâmica tecnológica mundial no futuro. Por esse motivo, esta pesquisa tem como objetivo a estrutura do sistema nacional de inovação científica e tecnológica, em termos dos incentivos voltados para o desenvolvimento dessas inovações, analisando as formas de interação e transferência de tecnologia para a criação de um arcabouço de inovação em nível nacional, desenvolvendo as capacidades tecnológicas do Brasil a partir de quais indicadores da evolução científica e esforços tecnológicos e de inovação podem ser extraídos. Buscamos aprofundar a discussão sobre a política de gestão da inovação no Brasil, especialmente a discussão sobre a Lei da Inovação Tecnológica – LIT formulou medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica no ambiente produtivo, com vistas à formação e realização da autonomia tecnológica e do desenvolvimento industrial do país. O Brasil precisa se concentrar em uma inovação que se concentre no futuro do país. Isso inclui incentivar os agentes de sistemas de geração de conhecimento a gerar cada vez mais inovação. Finalmente, a disseminação generalizada da retórica de inovação e investimento em propriedade intelectual demonstra nossa dependência, não a capacidade de reverter o atraso atual.

Palavras-chave: Inovação tecnológica no Brasil. Leis de incentivo. Inovação científica.

1 INTRODUÇÃO

Os extremos tecnológicos são geralmente analisados por meio da inserção de processos produtivos inovadores, das conexões de participantes científicos, comerciais, financeiros e políticos e dos arranjos econômicos locais. Grande parte desses polos está implantada em áreas urbanas e, devido à falta de preparação ou desligamento de instituições públicas locais, iniciativas privadas e centros de pesquisa, perderam a oportunidade de torná-los catalisadores de requalificação em áreas urbanas.

Portanto, discutir cidades tornou-se um tema fundamental e muito importante, principalmente considerando o cenário futuro de crescimento populacional nos centros urbanos. O surgimento dessas dimensões críticas e importantes decorre da visão de que as cidades são apresentadas como espaços e canais privilegiados para a aquisição de fluxos globais de conhecimento e redes de transações econômicas para criar riqueza e valor por meio do ecossistema de instituições tecnológicas. Estruturas públicas, privadas e comerciais que conduzem à promoção de soluções criativas, inovadoras e inclusivas.

Nesse contexto, novas palavras como "cidade global" e ainda "inovação, ciência e cidade criativa" surgiram como uma reflexão sobre a nova ordem mundial, buscando rumos e soluções para problemas relacionados à manutenção da qualidade de vida da população em áreas urbanas. (COOKE; PORTER; 2009).

Recentemente, surgiu o conceito de cidade inteligente como uma nova proposta para solucionar os problemas causados pela rápida urbanização, utilizando o uso massivo das tecnologias de informação e comunicação (TIC) como meio de viabilizar as cidades do futuro.

A Lei de Inovação Tecnológica do Brasil visa: criar um ambiente propício ao estabelecimento de parcerias estratégicas entre universidades, instituições técnicas e empresas; incentivar as instituições científicas e tecnológicas a participarem do processo de inovação; e estimular a inovação corporativa. Também permite a autorização para incubar empresas em espaços públicos, bem como a possibilidade de compartilhamento de infraestrutura pública e privada, equipamentos e recursos humanos para o desenvolvimento tecnológico e a criação de processos e produtos inovadores.

Os incentivos fiscais para a inovação apresentam vantagens e desvantagens. O ponto positivo é que, em tese, todas as empresas recebem um tratamento justo, pois, a princípio, o acesso não se limita a nenhuma empresa ou departamento que tenha interesse em ingressar, portanto, esta é uma política horizontal. No entanto, o governo opta pela forma vertical na aplicação da política fiscal que incentiva

a inovação para promover a inovação. Especialmente certos setores, regiões e tecnologias que desempenham um papel proeminente na estratégia de desenvolvimento.

A inovação e o desenvolvimento do Brasil vêm crescendo nestes últimos anos, graças aos investimentos e incentivos da União e das empresas. Mediante isso, uma estrutura legal que incentiva a inovação é uma ferramenta eficaz para apoiar a inovação e a pesquisa científica e tecnológica brasileira?

Essa pesquisa tem como objetivo descrever e analisar a estrutura do sistema nacional de inovação científica e tecnológica, em termos dos incentivos voltados para o desenvolvimento dessas inovações.

Para tanto, foram feitas análises baseadas em pesquisa bibliográfica, onde os incentivos públicos à inovação, apresentam críticas a tais estímulos e recomendações serão levantadas para que o Brasil seja competitivo no mercado de inovação. Nesse sentido, dados bibliográficos sobre o tema em discussão serão fornecidos para confirmar a posição assumida futuramente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Lei de Inovação Tecnológica visa promover e estimular o desenvolvimento científico, a pesquisa e a formação técnica para promover o desenvolvimento, conforme definido nos artigos 218 e 219 da Constituição Federal. Estimular a inovação para colocar no mercado produtos e serviços mais competitivos, com geração de emprego, renda e desenvolvimento. Uma das formas de ampliar a abrangência desse benefício são as incubadoras de empresas. Esse ambiente oferece a possibilidade de compartilhar infraestrutura, equipamentos e recursos humanos públicos e privados com empresas emergentes.

Nesse sentido, a nova legislação visa regulamentar a situação das empresas privadas nas universidades e estabelecer um regime de incentivos fiscais ao seu desenvolvimento, sendo o primeiro a contratação de pesquisadores e empresas sem licitação.

A política de ciência e tecnologia é um objeto de pesquisa complexo que pode ser reduzido de várias maneiras. Essa complexidade é confirmada pela polêmica produção bibliográfica sobre o tema, conceito e forma de avaliação das políticas públicas, que requer seus elementos constituintes como categoria de reflexão preliminar: a) Envolvendo as atividades de CT&I e os mecanismos de comunicação e sociedade relacionados à economia Desenvolvimento ; b) Definir um conjunto de objetivos e diretrizes com base nesta explicação; c) Utilizar um conjunto de ferramentas destinadas a atingir os objetivos definidos (CAVALCANTE, 2009).

O tema da inovação está cada vez mais incluído na agenda política, onde uma das principais metas do país é estabelecer um círculo virtuoso baseado na produção de inovação tecnológica e seus possíveis impactos no desenvolvimento econômico. Conforme enfatizado por Barbosa Júnior (2009), universidades, empresas e governos são os principais exemplos da composição do processo de inovação.

Se ampliarmos essa visão para consolidar essa dinâmica, é óbvio que em países considerados mais avançados, é importante que cada um desses agentes não só participe da geração e do desenvolvimento de riqueza por meio da inovação, mas também busque entender natureza e a dinâmica caracterizada pela relação entre esses agentes (BARBOSA JÚNIOR, 2009).

O sistema nacional de inovação pode ser visto ou percebido de várias maneiras, porque As definições desempenham um papel aqui, um dos ângulos de interconexão que vale a pena destacar. Villaschi (2005), além de enfatizar o poder interno, chamou transformação "desequilibrada", não poupe esforços para destacar o ângulo o sistema chamado de estado também deve ser “mantido sua configuração como sistema é relativamente ordenada e permite uma ampla gama de consistência entre as condições de reprodução do material ” (VILLASCHI, 2005).

Reconhecer a relevância das políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para promoção do desenvolvimento econômico e social, desenvolvendo planos e metas para expandir seu trabalho de P&D (CAVALCANTE e DE NEGRI, 2011). Analisando o caso brasileiro, o mesmo autor pensa que a melhoria da política de CT&I requer ferramentas e ações implementadas para atingir o nível requerido de P&D. Por sua vez, essas avaliações baseiam-se, em sua maioria, em indicadores gerados pelas instituições, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) e outras instituições, como a organização Propriedade Intelectual Mundial (OMPI) e Banco Mundial, ligado à Organização das Nações Unidas (ONU).

Garcia (2015) acredita que em o Brasil é regulado principalmente pela Lei da Propriedade Industrial (Lei Federal 9.279 / 1996), Lei do Bem (Lei Federal 11.196 / 2005) e Lei da Inovação (Lei da Inovação), a Lei Federal 10.793 / 2004, conforme alterada pela Lei nº 13.243 / 2016) e o Fundo de Promoção dos Setores de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, e a organização executiva e autoridade reguladora.

Conforme estabelecido na estratégia do MCTIC (2016), com o objetivo de acelerar as mudanças contínuas na produção de conhecimento científico e estimular o avanço da tecnologia científica e da inovação no Brasil, alguns ajustes foram feitos, que o próprio ministério denomina de iniciativa legal: a Emenda Constitucional no 85/2015, a Lei no 13.243/2016 e a Lei no 13.123/2015 (MCTIC, 2016). O

documento registra veementemente que o novo arcabouço legal exige regulamentações específicas para atingir os objetivos buscados pelos legisladores federais, ou seja, essas leis têm uma intenção muito direta:

Em relação à EC 85/2015, a inovação passou a integrar a Carta Magna em diversos dispositivos, conferindo maior compromisso do Estado com a temática, seja pelo apoio aos diversos arranjos territoriais que conformam ecossistemas de inovação, seja pelo incentivo às estratégias de interação entre empresas e Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICTs). Outro avanço relevante da Emenda foi a institucionalização do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) sob o regime de colaboração entre os Entes Federados. [...]

[...] A Lei nº 13.243/2016 reduziu entraves burocráticos enfrentados nas atividades de pesquisa científica, além de admitir novas possibilidades de articulação entre as atividades inovadoras empresariais e as infraestruturas laboratoriais e de recursos humanos presentes nos institutos públicos de pesquisa. [...]

Outro instrumento legal recente que modifica a produção científica e tecnológica nacional é a nova Lei de Biodiversidade (Lei nº 13.123/2015). O dispositivo define o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado e normatiza a repartição de benefícios. Tem-se como objetivo central dessa Lei a desburocratização de processos e o estímulo ao desenvolvimento sustentável e à pesquisa científica no País associada à biodiversidade (MCTIC, 2016).

O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT O Decreto nº 719, de 31 de julho de 1969, e reintegrado pelo Decreto nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991, visa financiar a inovação e o desenvolvimento tecnológico para promover o desenvolvimento do Brasil. Em outras palavras, embora a lei da inovação incentive a inovação, o FNDCT financia a maioria dos projetos de inovação.

Art. 11. Para fins desta Lei, constitui objeto da destinação dos recursos do FNDCT o apoio a programas, projetos e atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação - C,T&I, compreendendo a pesquisa básica ou aplicada, a inovação, a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de novas tecnologias de produtos e processos, de bens e de serviços, bem como a capacitação de recursos humanos, intercâmbio científico e tecnológico e a implementação, manutenção e recuperação de infraestrutura de pesquisa de C,T&I.

3 RESULTADOS

Em 2016, a Lei da Inovação (Lei nº 10.973 / 2004) foi profundamente revisada por meio da Lei nº 13.243 / 2016, que visa simplificar a relação entre empresas e instituições de pesquisa. Dentre as mudanças realizadas, vamos nos concentrar na nova redação do artigo 19 da Lei de Inovação, que determina que o governo incentive a inovação por parte de empresas e entidades sem fins lucrativos:

“Art. 19. A União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios, as ICTs e suas agências de fomento promoverão e incentivarão a pesquisa e o desenvolvimento de produtos, serviços e processos inovadores em empresas brasileiras e em entidades brasileiras de direito privado sem fins lucrativos, mediante a concessão

de recursos financeiros, humanos, materiais ou de infraestrutura a serem ajustados em instrumentos específicos e destinados a apoiar atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, para atender às prioridades das políticas industrial e tecnológica nacional.”

Dado que essas mudanças ocorreram recentemente, até agora, foram publicadas as posições de algumas associações de classe e novas opiniões sobre o novo quadro jurídico de C,T&I. No entanto, este artigo apresenta sugestões para sistematizar essas mudanças e seus principais efeitos, especialmente no que se refere ao tema da organização da ciência e tecnologia (SCI) - interação empresa.

De acordo com as observações, a “Lei de Inovação Tecnológica” gira em torno de três eixos: criar um ambiente propício a parcerias estratégicas entre universidades, instituições de tecnologia e empresas; incentivar as instituições de tecnologia a participarem do processo de inovação; e estimular a inovação empresarial. Autoriza a possibilidade de incubação de empresas em espaços públicos e compartilhamento de infraestrutura, equipamentos e recursos humanos públicos e privados para o desenvolvimento tecnológico e a criação de processos e produtos inovadores.

Também estabelece regras para pesquisa aplicada e aprimoramento tecnológico para pesquisadores públicos. Os principais mecanismos são: subsídios de incentivo à inovação e variáveis adicionais pagas aos servidores públicos que não podem ser contempladas na remuneração permanente, ambos custeados pela própria atividade; constituição de empresa de tecnologia com uso de direitos de propriedade intelectual e licenças gratuitas, e participação na receita auferida pela receita da instituição de origem.

A “Lei de Inovação Tecnológica” também autoriza o aporte direto de recursos orçamentários à empresa no âmbito do projeto de inovação, sendo obrigatória a avaliação da contrapartida e do resultado. As ferramentas da lei também incluem pedidos de tecnologia, participação estatal de sociedades de propósito específico e fundos de investimento.

O Senado também conta com a Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Tecnologia da Informação (CCTICI), que é uma comissão permanente com competência para opinar sobre propostas que tratem de assuntos relacionados a CT&I:

- Desenvolvimento científico, tecnológico e inovação tecnológica;
- II. Política nacional de ciência, tecnologia, inovação, comunicação e informática;
- III. Organização institucional do setor;
- IV. Acordos de cooperação e inovação com outros países e organismos internacionais na área;

V. Propriedade intelectual;

VI. Criações científicas e tecnológicas, informática, atividades nucleares de qualquer natureza, transporte e utilização de materiais radioativos, apoio e estímulo à pesquisa e criação de tecnologia;

VII. Comunicação, imprensa, radiodifusão, televisão, outorga e renovação de concessão, permissão e autorização para serviços de radiodifusão sonora e de sons e imagens;

VIII. Regulamentação, controle e questões éticas referentes à pesquisa e ao desenvolvimento científico e tecnológico, à inovação tecnológica, à comunicação e informática;

IX. Outros assuntos correlatos (MCTIC, 2016).

4 DISCUSSÃO

O processo de globalização tem gerado debates acirrados sobre o desenvolvimento da informação, do conhecimento e da inovação no mundo contemporâneo, indicando a necessidade. O Brasil estabeleceu um modelo de desenvolvimento tecnológico independente, isso mostra claramente Lei de inovação tecnológica - seu conteúdo deve refletir claramente que a geração de conhecimento e a formação de recursos humanos são funções das universidades, e a inovação tecnológica ocorre no âmbito da empresa - se manifesta como ferramentas relevantes para reduzir a dependência tecnologia nacional.

A inovação tecnológica inclui a introdução de produtos ou processos tecnológicos Novas melhorias importantes implementadas em produtos e processos existentes. A inovação tecnológica do produto ou processo foi implementada e Colocar no mercado - inovação de produto - ou usar no processo de produção - inovação Processo- (OCDE, MANUAL DE OSLO, 2004).

Resolver a experiência de inovação científica e tecnológica de alguns países bem-sucedidos nesses campos é oportuna para a compreensão do propósito desta pesquisa. Há quem pense que, quando o parlamento e a sociedade organizada brasileira discutem o aprimoramento do projeto de lei de inovação brasileiro, é preciso considerar as estratégias adotadas por esses países no campo da ciência e tecnologia para promover o processo de desenvolvimento econômico e social.

É oportuno resolver a experiência de inovação científica e tecnológica de alguns países bem-sucedidos nesses campos compreenda o propósito desta pesquisa. Algumas pessoas pensam que o parlamento e o parlamento a sociedade organizada brasileira precisa considerar as estratégias adotadas por esses países em termos de ciência e tecnologia para promover o processo de desenvolvimento econômico e social na discussão para promover o aprimoramento da Lei Brasileira de Inovação.

A Lei Brasileira de Inovação Tecnológica é voltada para a criação de um ambiente Propiciar parcerias estratégicas entre universidades, instituições técnicas e empresas, estimular a participação das instituições científicas e tecnológicas no processo de inovação e estimular a inovação corporativa. Permite a autorização para incubar empresas em espaços públicos, bem como a possibilidade de partilha de infraestruturas públicas e privadas, equipamentos e recursos humanos para o desenvolvimento tecnológico e a criação de processos e produtos inovadores.

O disposto na Lei de Inovação Tecnológica (LIT) implica uma série de mudanças no comportamento das instituições de pesquisa, com o objetivo de proteger o conhecimento tecnológico desenvolvido por essas instituições e os negócios que venham a ser transferidos para o setor industrial. Todo conhecimento técnico desenvolvido na universidade por meio de pesquisas envolvendo funcionários é de propriedade do empregador.

Após a aprovação da Lei nº 13.243 / 2016 pela Presidente Dilma Rousseff (Brasil, 2016), o novo marco legal da inovação, o Código de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), foi estabelecido em 2016. A nova lei é resultado de aproximadamente cinco anos de discussões entre os participantes do Sistema Nacional de Inovação (SNI) na Câmara dos Deputados e no Comitê de Ciência e Tecnologia do Senado. O ponto de partida dessas discussões é reconhecer e precisar mudar os pontos-chave da lei da inovação e das outras nove leis relacionadas ao assunto, a fim de reduzir entraves jurídicos e burocráticos e dar maior agilidade às instituições que atuam no sistema.

Caso o conhecimento tenha envolvimento financeiro de outras entidades (públicas ou não), deve-se chegar a um acordo entre as partes envolvidas para definir o percentual de propriedade de cada entidade relacionada. Portanto, todos envolvidos no desenvolvimento do conhecimento (produtos, processos, marcas e Software) podem ser protegidos por direitos de propriedade intelectual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil precisa se concentrar em uma inovação que se concentre no futuro do país. Isso inclui cada vez mais o incentivo aos agentes do sistema de geração de conhecimento (TIC) gere inovação. Além de investir na solução dos problemas estruturais dos direitos de propriedade intelectual nacional, melhorar a segurança jurídica e garantir a previsibilidade do exercício dos direitos. Os dados de investimento e realização mostram que há falta de apoio político para políticas de inovação em ciência e tecnologia e falta de planos de longo prazo para consolidar o desenvolvimento sustentável. As

medidas mais recentes do governo para reduzir os recursos MCTIC provaram mais uma vez a falta de projetos e visões para o desenvolvimento futuro do país.

Podemos inferir que o país perdeu muitas oportunidades aumentar a infraestrutura e investir em tecnologias que possam processar muitos produtos de exportação que se beneficiam de países mais avançados tecnologicamente, e então importado como indústria de manufatura. Isso cria uma riqueza externa e déficit comercial Brasileiro. Portanto, o crescimento do Brasil é limitado porque desequilíbrios em contas externas com vendas de commodities e compras de tecnologia.

Vale ressaltar que o disposto na Lei da Inovação - esse é o objetivo da organização Criar um ambiente propício ao estabelecimento de parcerias estratégicas entre universidades, instituições de tecnologia e empresas; incentivar as instituições de tecnologia a participarem do processo de inovação; e, incentivar a inovação empresarial - buscar utilizar os recursos de instituições públicas e empresas em P&D para contribuir com a melhoria do desenvolvimento e da competitividade dos produtos brasileiros.

REFERENCIAS

ROMERO, Carlos. Inovação tecnológica: lei de inovação tecnológica: críticas e contribuições. São Paulo: Senac, [200-?]

BARBOSA JÚNIOR, A. R. Universidade, patentes e inovação: estudo sobre o processo de transferência de tecnologia universidade-empresa. 2009. 238 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

BRASIL –SENADO FEDERAL. Inovação, país constrói pontes entre ciência e indústria. Discussão, v. 3. Brasília, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.

_____. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências.

_____. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e dá outras providências.

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. Trajetória recente dos indicadores de inovação no Brasil. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011.

CONCEIÇÃO, O. A.C. A Centralidade do Conceito de Inovação Tecnológica no Processo de Mudança Estrutural. Ensaio FEE. Porto Alegre, v. 21, n.2, p. 58-76, 2000.

GARCIA, M. de O. O processo de transferência de tecnologia em universidades mineiras pela ótica da Teoria Ator-Rede. 2015. 203 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

INPI - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Anuário Estatístico de Propriedade Industrial. Rio de Janeiro: INPI, 2016.

MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019. Brasília, 2016.

MDIC - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Interação-Universidade-Empresa. 2016.

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica, Finep, 2004.

VILLASCHI, A. Anos 90: uma década perdida para o sistema nacional de inovação brasileiro? São Paulo em Perspectiva, v. 19, n. 2, p. 3-20, 2005.

Capítulo 9



10.37423/220505941

APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE INCENTIVO À INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NOS ESTADOS DO BRASIL

VANECY MATIAS DA SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI

REGILDA SARAIVA DOS REIS MOREIRA-ARAÚJO *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI*



Resumo: Este artigo apresenta uma definição do panorama da promoção das atividades de ciência, tecnologia e inovação nos Estados Brasileiros a partir da identificação e análise das legislações de inovação existentes na jurisdição dos Estados de acordo com dispositivos federais, especialmente no que se refere ao Marco da Lei da Inovação. O estudo revela a existência de sistemas de inovação urbana, além de criar conselhos e fundos que tratam dessa temática. Uma das leis sofreu duas atualizações desde a sua publicação e apenas uma delas é regulamentada por decreto de implementação de acordo com as suas próprias disposições. Na análise estrutural dessas leis, foram encontrados dois sistemas municipais de inovação, cinco conselhos consultivos e consultivos de monitoramento de políticas públicas. O objetivo é mapear e descrever as ações realizadas pelas instituições que atuam no estímulo à inovação no Brasil, como forma de verificar a existência ou não de políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T & I) no Estado. A metodologia consiste em revisão bibliográfica e análise descritiva com uma abordagem qualitativa dos dados sobre incentivos à inovação tecnológica e seus agentes fomentadores, através de estudo de caso. Com isso, pode-se afirmar a existência de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação a partir da constatação de ações realizadas por instituições que estimulam a inovação no Brasil.

Palavras-chave: Inovação. Lei de Marco Legal da Inovação. Lei Complementar de Inovação.

INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica inclui a introdução de novos produtos ou processos tecnicamente, bem como a implementação de melhorias importantes em produtos e processos existentes. A inovação técnica de produto ou processo refere-se à inovação de produto que foi implementada e introduzida no mercado - inovação de produto - ou usada na inovação de processo de produção. Para auxiliar o desenvolvimento político, econômico e social do Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) está formulando uma política nacional de inovação que validará diagnósticos e recomendações de ações, tornando o Brasil um dos 20 países mais inovadores. De acordo com o Índice Global de Inovação, ele se tornará o número um do mundo em 2030.

A legislação brasileira passou a dar ênfase à ciência e tecnologia a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988 e incumbiu aos estados, nas esferas federal, estadual e municipal, a responsabilidade de apoiar e estimular as atividades de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico, além de propósitos econômicos, sociais e diretrizes culturais desenvolvimento do Brasil para a promoção da qualidade de vida da população.

A aplicação de políticas de competitividade adotadas nos países que fazem parte da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1996 e 1997b), é seletiva, e destinada a aumentar as exportações. Nesses países, a política industrial é vista de forma mais ampla e sua função é articular e envolver empresas de diferentes setores e atividades, sendo as tecnologias da informação e comunicação o motor deste processo. Com base na experiência dos países industrializados, argumenta-se que o caminho para o desenvolvimento econômico e social passa necessariamente pela eficiência tecnológica. Esta realidade é também reforçada pelo sucesso de alguns países emergentes que geram riquezas graças aos conhecimentos adquiridos em centros de investigação.

Promover a pesquisa científica e tecnológica é uma iniciativa essencial para que um país tenha condições de promover seu desenvolvimento econômico. No entanto, o aumento do uso da ciência e da tecnologia não ocorre de forma espontânea, razão pela qual tanto os países ricos quanto os pobres precisam contar com políticas industriais baseadas no desenvolvimento tecnológico, voltadas ao comércio exterior, para aumentar a competitividade. Percebe-se que, institucionalmente, a aprovação da Lei de Inovação Tecnológica faz parte de um esforço crescente do governo para preencher uma lacuna na política industrial e tecnológica do país, para identificar atividades de pesquisa em tecnologia de interesse do Brasil.

É neste contexto, que o objetivo geral desta pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório, é analisar a aplicabilidade previstos na Lei nº 10.973 / 2004, como forma de promover o desenvolvimento econômico sustentável mencionado na Lei de Inovação Tecnológica, e como as leis complementares são aplicadas e desenvolvidas nos estados brasileiros.

METODOLOGIA

O presente artigo utilizou-se da pesquisa exploratória, buscando investigar de forma mais profunda questões das quais se têm poucas informações na literatura, de forma a torná-las mais claras (RAUPP; BAUREN, 2006); e descritiva, cujo objetivo é estabelecer uma relação entre as variáveis observadas, com a finalidade de descrever os aspectos de um determinado grupo ou fato, investigar de forma mais profunda questões das quais se têm poucas informações dos elementos elencados pela legislação e em sua identificação nas instituições pesquisadas, assim como os indicadores de atividade geradora de conhecimento e de inovação.

Para a elaboração deste estudo, foi realizado um levantamento dos estados brasileiros com legislações cujos objetivos explícitos são a criação de mecanismos, sistemas, incentivos e políticas em ciência, tecnologia e inovação, considerando o universo dos Estados segundo sua atual divisão política. Após a definição, avançou-se no estudo dos mesmos instrumentos, indicando os componentes de suas estruturas de acordo com os objetivos específicos previamente definidos e, por fim, comparando-os todos, bem como verificando seu alinhamento com as legislações federal. A pesquisa de legislação foi realizada de forma eletrônica, por meio da Plataforma Digital de Leis Estaduais, Scielo.

O levantamento considerou apenas as leis vigentes até a conclusão do presente estudo, não abordando projetos de lei em discussão em casas legislativas estaduais ou em aguardo de sanção pelo poder executivo. A busca foi executada utilizando as palavras chave: lei de inovação; ciência e tecnologia de cada um dos 27 Estados da Federação e o Distrito Federal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elias (2012) explicou que as leis estaduais são parte importante do marco legal para inovação, derivadas da Lei de Inovação Federal (Lei 10.973/04), que criou medidas de incentivo à inovação e à pesquisa em ciência e tecnologia no ambiente produtivo para estimular a autonomia tecnológica e o desenvolvimento industrial no Brasil, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica em ambiente produtivo.

Foi previsto, no artigo 4, da lei 10.973/2004, a facilitação ao acesso à infra-estrutura pública de C&T (Ciência e Tecnologia), ao determinar-se que as ICTs (Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação) poderão compartilhar seus laboratórios com MPEs incubadas, em atividades voltadas à inovação tecnológica, por meio de contrato ou de convênio remunerado.

Os "gargalos da inovação" mais importantes no Brasil não se devem à falta de normas legais, mas à aparente dificuldade de fazer funcionar simultaneamente e em coordenação, afirmam Coutinho e Mouallem (2015). Tendo em vista a série de ações do governo para construir inovação no ordenamento jurídico brasileiro. A Lei nº 10.973 / 2004 dispõe sobre as inovações estipuladas na Lei nº 5.

O estado de São Paulo com a lei complementar nº 1.049/2008 dispendo sobre medidas de incentivo à inovação tecnológica, à pesquisa científica e tecnológica, ao desenvolvimento tecnológico, à engenharia não rotineira e à extensão tecnológica em ambiente produtivo, e dá outras providências correlatas. A depois, o decreto nº 54.690/2009, a qual regulamenta dispositivos que especifica da lei complementar nº 1.049/ 2008. Considerando a promulgação da Emenda Constitucional nº 85/2015, que atribuiu à União a competência para estabelecer normas gerais sobre ciência, tecnologia, pesquisa, desenvolvimento e inovação.

O estado do Rio de Janeiro, com lei ordinária nº 5361/2008, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Pois de acordo com os art. 214 e 331 da Constituição do Estado e em consonância com os artigos 65 e 67, no que couber da lei complementar 123/2006 e com os objetivos da FAPERJ dado pelo artigo 2º da lei complementar nº 102/02, com a nova redação dada pelo Projeto com a lei complementar 13/2008.

O estado de Minas Gerais com a lei ordinária nº 17.348/2008, que dispõe sobre o incentivo à inovação tecnológica no estado. Nos Termos desta Lei e em conformidade com o disposto nos arts. 211 a 213 da Constituição do mesmo. Em que o decreto nº 47442/2018 dispõe sobre incentivos à inovação e dá outras providências. Confere o inciso VII do art. 90 da Constituição do Estado e tendo em vista o disposto na Lei Federal nº 10.973/2004 e na Lei nº 13.243/2016, no art. 5º, inciso III, e no art. 6º, inciso I, da lei nº 22.929/2018. Com a finalidade de promover a inovação dos métodos de negócio e produção, aumentar a produtividade e a competitividade e promover a modernidade tecnológica, econômica e social.

Já no estado do Espírito Santo, a lei complementar nº 929/2019 Institui instrumentos e procedimentos para às parcerias entre o Estado e as entidades privadas de inovação tecnológica regional. Observado,

no que couber, o disposto na Lei Federal nº 10.973/ 2004, e alterações posteriores, na Lei Federal nº 8.666 /1993, e alterações posteriores, na Lei Federal nº 10.520/2002, e alterações posteriores.

Consequente no estado do Rio Grande do Sul estabelece à lei nº 13.196/2009 a mesma define mecanismos de gestão aplicáveis às instituições científicas e tecnológicas do Estado e dá outras providências. Ademais a lei complementar nº 15.639 /2021, institui o Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação - SECTI-RS - e dá outras providências. Já a lei complementar nº 721/2013, estabelece medidas de incentivo à nas esferas privada e da Administração Pública Estadual, Direta e Indireta, visando à geração de riquezas, ao desenvolvimento econômico e social sustentável e institui o Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação - SECTI-RS, em complementação à Lei Federal nº 10.973 / 2004, observada a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica, instituída pela Lei Federal nº 13.874/2019.

O estado do Paraná atribui à lei nº 20541/2021 dispendo sobre política pública de incentivo à inovação, à pesquisa e ao desenvolvimento científico e tecnológico, ao fomento de novos negócios, e a integração entre o setor público e o setor privado em ambiente produtivo. Nos termos dos arts. 23 e inciso IX do art. 24, do § 5º do art. 167, do § 2º do art. 213, dos arts. 218 e 219 e dos arts. 219A e 219B, todos da Constituição Federal , da Lei Federal nº 10.973/2004, dos arts. 200 a 205 da Constituição do Estado do Paraná.

Já o estado de Santa Catarina, apresenta a lei nº 14.328/ 2008 sobre incentivos à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo e adota outras providências. Conformidade com os arts. 176 e 177 da Constituição do Estado. Ainda a lei nº 16.382/2014, alterando a Lei nº 14.328/ 2008. Já lei nº 18093/2021 demanda o Programa de Incentivo à Economia Criativa no Estado.

O estado da Bahia estabelece à lei nº 11.174/2008 a mesma em consonância com as normas gerais estabelecidas na Lei Federal nº 10.973/2004, e segundo os mandamentos dos arts. 265 e 268 da Constituição do Estado. Em que a lei nº 14315/2021 atribui estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação do sistema produtivo no Estado, em consonância com as normas gerais estabelecidas na Lei Federal nº 10.973 / 2004, na Lei Federal nº 13.243 / 2016, nos arts. 265 e 268 ambos da Constituição Estadual, e nos arts. 23, 24, 167, 200, 213, 218, 219 e 219-A, todos da Constituição Federal.

Já no estado do Maranhão a lei ordinária estadual nº 7.854/2003 atribui o Sistema Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e dá outras providências. Ao qual o art. 1º objetiva atuar como uma rede de interlocução, articulação e indução do processo de desenvolvimento científico-

tecnológico com vistas à inovação. Regulamentando a cessão de uso de imóveis e disponibilização de espaço em prédios compartilhados como medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo.

No estado da Paraíba apresenta a lei nº 1124 / 2018 Instituinto a Política Estadual de Incentivo às Agroindústrias. Em o Art. 2º apresenta os princípios e diretrizes da Política Estadual de Incentivo às Agroindústrias: V - inovação, modernização e desenvolvimento tecnológico; ainda a lei nº 13546/2017 estabelece a criação e implantação do Polo de Tecnologia Extremo Oriental das Américas - ExtremoTec, mediante autorização para instituir incentivos fiscais, visando promover o desenvolvimento do município de João Pessoa e dá outras providências.

No estado do Ceará com a lei nº 14.220 /2008 (D.O. DE 21.10.08) estabelece incentivos à Inovação e à Pesquisa Científica e Tecnológica e dá outras providências. Medidas com vistas à introdução da inovação no ambiente produtivo, nas políticas públicas e nas ações estratégicas visando ao desenvolvimento social e econômico do Estado, nos termos do Capítulo VII, arts. 253 a 258 da Constituição do Estado. Ainda na lei complementar nº 50 /2004 no âmbito do Poder Executivo Estadual, o Fundo de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará – FIT, com o objetivo de fomentar a inovação tecnológica e de incentivar as empresas cearenses a realizarem investimentos em projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, com vistas ao aumento da competitividade da economia cearense.

Em Pernambuco a lei nº 13.690 /2008 dispõe sobre incentivos à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo e social no Estado, e dá outras providências. Já a lei complementar nº 400 / 2018 dispõe do mesmo dispositivo da mesma. Entretanto o decreto nº 49253 / 2020, regulamenta a Lei Complementar nº 400 /2018. Ainda a lei nº 15.063/2013 institui a obrigatoriedade de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação por contribuinte do ICMS beneficiário de incentivo fiscal, bem como o Fundo de Inovação do Estado de Pernambuco - INOVAR-PE.

No estado de Alagoas a lei nº 7.117 / 2009 apresenta incentivos à pesquisa Científica e tecnológica, à Inovação e à proteção da Propriedade intelectual em Ambiente produtivo e social no Estado, e dá outras Providências. Em conformidade com os arts. 215 e 216 da Constituição do Estado e com as disposições da Lei Federal nº 10.973 / 2004. Institui a política municipal de ciência, Tecnologia e inovação dispõem sobre Mecanismos para estímulo à inovação, à Economia criativa, ao Empreendedorismo, à pesquisa e Qualificação científica e tecnológica, e dá outras providências.

O estado de Sergipe com a lei nº 6.794 / 2009 Dispõe sobre medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo no Estado e dá providências correlatas. Nos termos dos arts. 218 e 219 da carta magna, dos arts. 235 e 236 da Constituição do Estado e das disposições da Lei (Federal) nº 10.973 / 2004.

Ainda o estado de Rio Grande do Norte apresenta a lei complementar nº 478/2012. Dispõe sobre concessão de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no âmbito do Estado. Em conformidade com o disposto no art. 147 da Constituição Estadual. Com a lei complementar nº 167/2017. Dispõe sobre a concessão de incentivos fiscais a empresas de Tecnologia da Informação e a Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs) integrantes de Parque Tecnológico, localizadas no Município de Natal, alteram dispositivos do CTM Lei nº 3.882/89, e dá outras providências.

No Piauí a lei nº 7430/2020 cria o Fundo de Inovação e Desenvolvimento Econômico do Estado do Piauí - FIDEPI altera a lei nº 6.022/2010. Fundo este com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento econômico e inovação do Estado, mediante a execução de programas de financiamento aos setores produtivos do Estado. A lei nº 7.511/ 2021 de acordo com as diretrizes e prioridades definidas nas suas políticas de ciência, tecnologia, inovação e de desenvolvimento industrial nos termos do art. 5º da Lei Federal nº 10.973/2004.

No estado de Tocantins a lei nº 2.458/2011 dispõe sobre o incentivo à inovação e à pesquisa científico-tecnológica nas atividades produtivas do Estado. Regulamenta o tratamento simplificado às microempresas e empresas de pequeno porte no âmbito do município de Palmas, da forma que especifica. Fala de empresas e cita a Inovação sem especificidade A lei nº 2.458/2011 Institui o Conselho de Inovação e Desenvolvimento Econômico de Palmas - CIDEP e o Fundo de Inovação e Desenvolvimento Econômico de Palmas - FIDEP, e adotam outras providências instituídas pela Lei nº 2.024/2014, e adota outras providências.

No estado da Amazonas a lei nº 3095/2006 dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo no âmbito do Estado, e dá outras providências. Com a Lei de Marco de Inovação em conformidade com o artigo 216 da Constituição Estadual e a Lei nº 10.973/2004. A lei nº 4.985/2019 Institui a Política Estadual de estímulo, incentivo e promoção ao desenvolvimento local de startups. Esta lei institui a Política Estadual de estímulo, incentivo e promoção ao desenvolvimento de startups no Estado.

No Distrito Federal a lei nº 6620/2020 Dispõem sobre mecanismos, medidas e projetos para estímulo ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à qualificação científica e tecnológica, à inovação e à

economia criativa no Distrito Federal, cria a Política Distrital de Ciência, Tecnologia e Inovação, estabelece diretrizes ao Plano Diretor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Cidade Humana, Inteligente, Sustentável e Criativa e dá outras providências.

Em Mato Grosso a lei complementar nº 297/2008 dispõe o art. 45 da Constituição Estadual, e o Governador do Estado Sanciona a seguinte lei complementar: art. 1º Esta lei complementar estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, em ambiente produtivo, visando alcançar autonomia tecnológica, capacitação e o desenvolvimento do Estado de Mato Grosso, nos termos dos Arts. 352 e 353 da Constituição do Estado.

No estado do Mato Grosso do Sul o decreto nº 15.116/2018 regulamenta a Lei Federal nº 10.973/2004, no tocante a normas gerais aplicáveis ao Estado e dispõe sobre outras medidas em matéria da política estadual de ciência, tecnologia e inovação.

Já no estado de Goiás a lei nº 16.922/2010 dispõe incentivo à inovação tecnológica no âmbito do Estado e dá outras providências. Já o decreto nº 9.506/2019 com fundamento no art. 37, IV, da Constituição do Estado de Goiás, tendo em vista o disposto nas Leis Federais nos 10.973/2004, a 13.243/2016, na Lei Estadual nº 16.922/2010.

As lacunas na implementação desses instrumentos jurídicos em inovação e tecnologia revelam fatores mais importantes do que o mero desconhecimento ou falta de estrutura; porque enquanto algumas TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação) se tornam pólos de excelência internacional, outras permanecem em estado embrionário. Assim, dado o período abrangido pela Lei de Inovação e pelo novo Marco, poucas publicações sobre o assunto foram contempladas, como a busca pelo tema na revista Capes para o termo “Centro de Inovação Tecnológica”, no período de 2010 a 2019, em qualquer lugar do artigo retornou 38 resultados.

Concedeu flexibilidade às instituições de ciência e tecnologia, criou modalidade de apoio financeiro por meio de subvenção econômica direta para as empresas, com vistas ao desenvolvimento de produtos ou de processos inovadores, entre outros mecanismos para a modernização tecnológica dos agentes públicos e privados. Em sua seção II, a Lei de Inovação prevê “ações de empreendedorismo tecnológico e de criação de ambientes de inovação, incluindo incubadoras de empresas e parques tecnológicos” no âmbito de parcerias a serem desenvolvidas entre os entes públicos citados, as empresas nacionais e organizações de direito privado sem fins lucrativos.

Ao analisar o desenvolvimento da política de inovação nos Estados Brasileiros por meio da Lei 10.973/2004 da Inovação que possuíam órgãos responsáveis pela “implementação” dos aspectos definidos pela mesma, bastando se adaptação à nomenclatura. Em outras instituições, o processo de criação de ILS se acelerou a partir de 2008, sem qualquer clareza sobre as formas de institucionalização, pois sua atuação deve propiciar um ambiente favorável à transferência de tecnologia e à proteção do conhecimento, os NITs atuam como interlocutores com o setor privado.

A lei 10.973/2004 visa incentivar a participação do setor privado na inovação. Os empreendedores de ciência e tecnologia podem se beneficiar de incentivos para desenvolver novos produtos e processos. Enfatiza-se a promoção da interação entre as empresas de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) e o fortalecimento dos mediadores dessa relação, concretizada em organizações de apoio e centros de inovação tecnológica.

Como a lei federal, as estaduais também facilitam o licenciamento de patentes e transferência de tecnologias desenvolvidas pelas ICTs e permite a remuneração dos pesquisadores com parte dos ganhos econômicos advindos dos contratos de transferência de tecnologia. Assim como a lei federal, normas estaduais facilitam licenciamento de patentes e transferência de tecnologias. As leis estaduais também mantêm a necessidade de existência de Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) na instituição científica e tecnológica estadual para gerir a política de inovação e, em especial, a política de propriedade intelectual e a transferência de tecnologia.

A edição de leis estaduais de inovação no Brasil é, também, um dos pontos centrais da expansão e consolidação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Elas fortalecem a interação entre os atores desse sistema, que inclui governos federais e estaduais, agências de financiamento, como FINEP e BNDES, universidades e empresas.

De acordo com o documento Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação 2007–2010 — principais resultados e avanços foi à instalação do Comitê Executivo para a cooperação entre MCTI, Conselho Nacional de Secretários Estaduais para Assuntos de CT&I (Consecti) e Conselho Nacional das Fundações de Amparo à Pesquisa (Confap), o que possibilita ampliar a capilaridade das ações do ministério e de suas agências em todo o território nacional. Um dos indicadores usados para medir o desempenho de um país no que diz respeito à inovação tecnológica é o ranking da escola de negócios IMD Foundation Board (World Competitiveness Yearbook).

Segundo o Senado (2012), o cenário ruim a este é que, o Brasil vem perdendo posições nesse indicador de inovação tecnológica desde 2010, quando apareceu em 38º lugar no mundo. Em 2011, caiu para

44º e, agora, perdeu mais duas posições no ranking. Em setembro de 2012, o Fórum Econômico Mundial apresentou outro indicador, seu ranking de competitividade e inovação tecnológica, em que o Brasil aparece em posição semelhante: 48º lugar no mundo, entre 144 países. Porém, nesse comparativo, o país apareceu cinco posições acima da classificação de 2011 e dez da de 2010.

A OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico): organização internacional com 34 países que aceitam os princípios da democracia representativa e da economia de livre mercado. Os membros têm economias de alta renda e alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e são considerados países desenvolvidos, exceto México, Chile e Turquia. Teve sua origem em 1948 para ajudar a administrar o Plano Marshall para a reconstrução da Europa após a 2ª Guerra Mundial

A nova meta da recém-lançada Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) para o período de 2012–2015 é chegar a 2014 destinando 1,8% do PIB para investimento em pesquisa e desenvolvimento. Para isso, os investimentos terão que mudar de comportamento, já que, no Brasil, vêm mantendo média próxima a 1% anualmente desde o início do século. Nesse período, houve queda pronunciada em 2004 e ligeira recuperação a partir de 2009.

Marca o arcabouço legal que permita às instituições públicas no Brasil exercerem com maior eficiência o papel de principais geradoras de conhecimento científico e facilita aproximação do setor público com o privado em busca da inovação, sendo esse o objetivo da proposta de um código nacional de ciência, tecnologia e inovação.

A proposta de um código surgiu da própria comunidade científica, por meio do Fórum de Secretários de Ciência e Tecnologia (2012), de fóruns de fundações de apoio à pesquisa, com o apoio da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e da Academia Brasileira de Ciências. Essa proposta foi transformada em dois projetos de lei: no Senado, o PLS 619/11, do senador Eduardo Braga (PMDB-AM); e, na Câmara, o PL 2.177/11, do deputado Bruno Araújo (PSDB-PE). Segundo o qual procura simplificar a vida do pesquisador no Brasil e ampliar o campo de ação das instituições públicas envolvidas, com a busca do conhecimento em ciência, alterando regras e procedimentos hoje contemplados em pelo menos uma dezena de leis e códigos. Ainda são estabelecidos critérios para compras de produtos, importação de equipamentos, desburocratização e contratação de serviços são outros temas centrais da proposta.

Segundo qual três deles dizem respeito à chamada Lei 10.973/04 que dispõe da Inovação: mudar a definição de “criador” na lei (retirando a restrição de que só será considerado “criador” um pesquisador), flexibilizar a participação nos resultados quando a União for sócia minoritária nas

empresas e, por fim, assegurar às empresas incentivadas para continuar pesquisando, mesmo depois de encerrado contrato com a administração pública. A quarta sugestão amplia os estímulos financeiros ao servidor público que desenvolver invenção que leve à criação de uma patente.

A nova Lei de Inovação Capixaba (a lei nº13.243/16) tem como objetivo aumentar a produção científica e tecnológica do capixaba, além de servir como propulsor da inovação, aumentando dessa forma a geração de riqueza e circulação de renda, contribuindo para uma melhor qualidade de vida de toda a população. Aprovado, em 11/05/2021, Projeto de Lei Complementar (PLC nº 264/2020), que dispõe sobre incentivos à pesquisa, ao desenvolvimento científico e tecnológico e à inovação no âmbito produtivo do Estado do Rio Grande do Sul, além de instituir o Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Em 2009, o Rio Grande do Sul deu um grande passo em momento histórico de retomada do crescimento, gerando forte estímulo à inovação e conseqüente competitividade entre as empresas. Foi sancionada a Lei 13.196/09, denominada Lei da Inovação Tecnológica, que estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica e define mecanismos de gestão aplicáveis às instituições científicas e tecnológicas. O Estado, por meio de órgãos de sua administração direta e indireta, poderá incentivar a participação de empresas no processo de inovação tecnológica.

Os documentos foram analisados em função dos anos em que ocorreram os depósitos, a partir da data da Lei da Inovação (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004), e observou-se um aumento considerável nos depósitos no ano de 2009). Um estudo do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) realizado entre 2007 e 2009 mostrou que dentre os estados do nordeste que mais patenteiam estão Bahia, Ceará e, em terceiro lugar, Pernambuco. Vale lembrar que nessa pesquisa os depósitos de 2008 e 2009 não haviam sido consolidados. Assim, esse aumento no número de patentes em 2009 pôde reverter essa estatística, ficando o estado de Pernambuco no topo dos depositantes no nordeste.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que das bases pesquisadas, as Instituições dos nove estados do nordeste depositaram mais no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Dos estados estudados Pernambuco foi o que teve maior número de depósitos acadêmicos e os depósitos foram realizados principalmente a partir de 2005 (coincidindo com a lei da inovação, lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004) e mais acentuadamente no ano de 2009. No entanto, nos anos desde que a Lei da Inovação (lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004) entrou em vigor, esses incentivos foram abusados e, em

geral, as parcerias público-privadas para o desenvolvimento de tecnologia permaneceram abaixo do desejável.

Este processo de inovação aplica-se a produtos considerados o motor económico do desenvolvimento dos países ricos, pois pelo valor acrescentado que cria é um processo decisivo para a formação e manutenção da economia. No entanto, constatamos que o modelo de desenvolvimento adotado no Brasil nas últimas décadas não cria condições e incentivos para que as empresas passem a ter tais setores em sua estrutura. Habilitar o país a avançar de forma consistente em tecnologia é uma tarefa difícil, além de mudança institucional e econômica, mas também de mudança cultural.

Vale ressaltar que a regulamentação da lei da inovação - cujo objetivo é criar um ambiente propício a parcerias estratégicas entre universidades, instituições de tecnologia e empresas; incentivar as instituições de tecnologia a participarem do processo de inovação; e estimular a inovação corporativa - busca potencializar a aplicação dos recursos em pesquisa e desenvolvimento para promover o desenvolvimento e a competitividade dos produtos brasileiros.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Visando incentivar a participação do setor privado na inovação. Enfatiza a promoção da interação entre empresas de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) e fortalece os mediadores dessa relação, realizada em organizações de apoio e centros de inovação tecnológica. Segundo Rauen (2016), o objetivo desta lei é que tais capacidades funcionem como um meio eficaz de encorajar um maior envolvimento das TIC e dos seus investigadores nas atividades de inovação com a empresa.

A Lei da Inovação estipula “ações para o arranque de tecnologia e criação de um ambiente de inovação, incluindo incubadoras de empresas e parques tecnológicos” no âmbito das parcerias desenvolvidas entre as instituições públicas acima referidas, empresas nacionais e organizações privadas sem fins lucrativos. Além disso, o artigo 4º da lei 10.973/2004 prevê a facilitação do acesso à infraestrutura pública de C&T, quando for determinado que as TICs (Tecnologia da Informação e Comunicação) poderão compartilhar seus laboratórios com MPEs incubadas, em atividades voltadas à inovação tecnológica, por meio de um contrato ou acordo remunerado.

A finalidade futura é analisar o desenvolvimento da política de inovação nos países do Brasil por meio da Lei de Inovação, que até então não possuía órgãos responsáveis pela implementação dos aspectos definidos pela lei de inovação e sua adaptação a esta nomenclatura é suficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALAGOAS, 2009. LEI Nº 7.117, DE 12 DE NOVEMBRO DE 2009. Dispõe sobre incentivos à pesquisa Científica e tecnológica, à inovação e à proteção da propriedade intelectual em ambiente produtivo e social no estado de alagoas, e dá outras providências. DISPONIVEL: https://www.fapeal.br/wp-content/uploads/2015/05/leiNo7117-de12_11_09-2.pdf. Acesso em 19/08/2021.

AMAZONAS, 2006. LEI Nº 3095 de 17/11/2006. DISPÕE sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo no âmbito do Estado do Amazonas, e dá outras providências. Disponível: https://sapl.al.am.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/7550/7550_texto_integral.pdf#:~:text=I%C2%B0%20%2D%20Esta%20Lei%20estabelece,e%20a%20Lei%20n%C2%B0. Acesso em 21/08/2021.

BALNEÁRIO CAMBORIÚ, 2021. LEI Nº 4.511/2021. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, criação do Conselho Municipal de Inovação, objetivando ambientes produtivos e Cidade Inteligente (Smart City) e dá outras providências no âmbito do Município de Balneário Camboriú, conforme o disposto na Lei Federal nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 e suas alterações.

BAHIA, 2008. Lei nº 11.174 de 09/12/2008. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica em ambiente produtivo no Estado da Bahia e dá outras providências. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=121233>. Acesso em 17/08/2021.

BARBOSA D. B. Uma introdução à propriedade intelectual. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Lumen Juris, 2009.

BRASIL. Leis federais e estaduais para incentivo de ciência, tecnologia e inovação no Brasil. Disponível: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/inovacao/leisfederaisestaduais-incentivo-ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil.aspx>. Acesso em 21/08/2021.

CEARÁ, 2008. LEI Nº 14.220, DE 16.10.08. Dispõe sobre incentivos à Inovação e à Pesquisa Científica e Tecnológica no Estado do Ceará e dá outras providências. Disponível: <https://bela.ce.gov.br/portal/legislacao/leis/14220> › item › download. Acesso em 19/08/2021

CEARÁ, 2011. Decreto nº 30.788 de 19/12/2011. Regulamenta a Lei Complementar Estadual nº 50, de 30 de dezembro de 2004, que institui o Fundo de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará - FIT, cria o Conselho Gestor do Fundo de Inovação Tecnológica - COGEFIT e dá outras providências. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=123279>. Acesso em 19/08/2021.

DISTRITO FEDERAL, 2020. Lei Nº 6620 DE 10/06/2020. Dispõe sobre mecanismos, medidas e projetos para estímulo ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à qualificação científica e tecnológica, à inovação e à economia criativa no Distrito Federal, cria a Política Distrital de Ciência, Tecnologia e Inovação, estabelece diretrizes ao Plano Diretor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Cidade Humana, Inteligente, Sustentável e Criativa e dá outras providências. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=396899>. Acesso em 21/08/2021.

FORTALEZA, 2015. Lei nº 10.409, de 22 de outubro de 2015. Dispõe sobre o fomento à pesquisa, extensão e inovação, no âmbito do município de fortaleza, e dá outras providências. Disponível: <https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/leiordinaria/2015/1040/10409/leiordinaria-n10409-2015-dispoe-sobre-o-fomento-a-pesquisa-extensao-e-inovacao-no-ambito-do-municipio-de-fortaleza-e-da-outras-providencias>. Acesso em 19/08/2021.

HAASE, H.; ARAÚJO, E. C. de; DIAS, J. Inovações vistas pelas patentes: exigências frente às novas funções das universidades. Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, jul./dez. 2005.

LEI COMPLEMENTAR Nº 1.049, de 19/06/2008. Dispõe sobre medidas de incentivo à inovação tecnológica, à pesquisa científica e tecnológica, ao desenvolvimento tecnológico, à engenharia não-rotineira e à extensão tecnológica em ambiente produtivo, no Estado de São Paulo, e dá outras providências correlatas. Disponível: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=98136>. Acesso em 12/08/2021.

LEI Nº 13.196, DE 13 DE JULHO DE 2009. Estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, define mecanismos de gestão aplicáveis às instituições científicas e tecnológicas do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/13.196.pdf>. Acesso em 12/08/2021.

LEI COMPLEMENTAR Nº 906, DE 15 DE JUNHO DE 2021. Institui o Programa Municipal de Incentivo ao Desenvolvimento de Setores Estratégicos de Alta Tecnologia (Programa Creative) no Município de Porto Alegre. Disponível: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/portoalegre/leicomplementar/2021/91/906/lei-complementar-n-906-2021-institui-o-programa-municipal-de-incentivo-a-desenvolvimento-de-setores-estrategicos-de-alta-tecnologia-programa-creative-no-municipio-de-porto-alegre>. Acesso em 13/08/2021.

LEI Nº 15.536, DE 04 DE NOVEMBRO DE 2019. Institui o Fundo de Inovação do Vale do Pinhão - INOVA VP para o fomento à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo do

Município de Curitiba. Disponível: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/leiordinaria/2019/1554/15536/lei-ordinaria-n-15536-2019-institui-o-fundo-de-inovacao-do-vale-do-pinhao-inova-vp-para-o-fomento-a-inovacao-e-a-pesquisa-cientifica-e-tecnologica-no-ambiente-produtivo-do-municipio-de-curitiba>. Acesso em 13/08/2021.

KRUGLIANSKAS, I., & MATIAS-PEREIRA, J. (2005). Um enfoque sobre a Lei de Inovação Tecnológica do Brasil. *Revista de Administração Pública*, 39(5), 1011-a.

MARANHÃO, 2003. LEI Nº 7.854 DE 31 DE JANEIRO DE 2003. O Sistema Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - SEDCT objetiva atuar como uma rede de interlocução, articulação e indução do processo de desenvolvimento científico-tecnológico com vistas à inovação. Disponível: <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1373>. Acesso em 17/08/2021.

MATIAS-PEREIRA, J., & KRUGLIANSKAS, I. (2005). Gestão de inovação: a lei de inovação tecnológica como ferramenta de apoio às políticas industrial e tecnológica do Brasil. *RAE eletrônica*, 4(2), 0-0.

MATIAS-PEREIRA, J. (2015). Uma avaliação das políticas públicas de incentivo a inovação tecnológica no Brasil: a Lei do Bem. *Parcerias Estratégicas*, 18(36), 221-250.

MATO GROSSO, 2020. Decreto Nº 735 DE 02/12/2020. Regulamenta a Lei Complementar Estadual nº 297, de 7 de janeiro de 2008, que dispõe sobre os incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica visando alcançar autonomia tecnológica, capacitação e desenvolvimento do Estado de Mato Grosso e dá outras providências. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=405317>. Acesso em 21/08/2021.

MATO GROSSO DO SUL, 2018. DECRETO Nº 15.116, DE 13 DE DEZEMBRO DE 2018. Regulamenta a Lei Federal nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, no tocante a normas gerais aplicáveis ao Estado de Mato Grosso do Sul, e dispõe sobre outras medidas em matéria da política estadual de ciência, tecnologia e inovação. Disponível: <http://www.fundect.ms.gov.br/wpcontent/uploads/2018/12/Di%C3%A1rio-Oficial-n.-9.801-Decreto-Estadual-CTI.pdf>. Acesso em 21/08/2021.

MACEIO, 2019. Lei nº. 6.902, 26 de junho de 2019. Institui a política municipal de ciência, tecnologia e inovação, dispõe sobre mecanismos para estímulo à inovação, à economia criativa, ao empreendedorismo, à pesquisa e qualificação científica e tecnológica, e dá outras providências. Disponível: http://www.maceio.al.gov.br/wpcontent/uploads/2019/07/pdf/2019/07/LeiDeInovac%C3%A7%C3%A3o-de-Maceio-CC%81-n.-6.902_19.pdf. ACESSO em 19/08/2021.

MANUAL DE OSLO: Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Disponível em: Acesso em: 14 de Julho de 2021.

PALMAS, 2014. LEI Nº 2024, DE 20 DE JANEIRO DE 2014. Institui o conselho de inovação e desenvolvimento econômico de palmas - cidep e o fundo de inovação e desenvolvimento econômico de palmas fidep, e adota outras providências. Disponível: <https://leismunicipais.com.br/a/to/p/palmas/lei-ordinaria/2014/202/2024/lei-ordinaria-n-20242014instituioconselhodeinovacaoedesenvolvimento-economico-de-palmas-cidep-e-o-fundo-de-inovacao-e-desenvolvimento-economico-de-palmas-fidep-e-adota-outras-providencias>. Acesso em 21/08/2021

PARAÍBA, 2017. Lei Nº 13546 DE 29/12/2017. Dispõe sobre a criação e implantação do Polo de Tecnologia Extremo Oriental das Américas - ExtremoTec, mediante autorização para instituir incentivos fiscais, visando promover o desenvolvimento tecnológico e inovação do município de João Pessoa e dá outras providências. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=357881>. Acesso em 17/08/2021

PERNAMBUCO, 2020. Decreto Nº 49253 DE 31/07/2020. Regulamenta a Lei Complementar nº 400, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre incentivo à pesquisa, ao desenvolvimento científico e tecnológico e à inovação no Estado de Pernambuco e institui a Usina Pernambucana de Inovação. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=399345>. Acesso em 19/08/2021.

RAUEN, C. V. O novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-empresa? Radar, Cidade, v. 43, p. 21-35, fev. 2016.

RIO GRANDE DO NORTE, 2012. LEI COMPLEMENTAR Nº 478, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2012. Dispõe sobre concessão de incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no âmbito do Estado do RioGrandedo Norte. Disponível: <http://www.al.rn.gov.br/storage/legislacao//arq511cd020d8204.pdf>. Acesso: em 19/08/2021.

SABINO, L. S. Caracterização da proteção às patentes como estímulo ao desenvolvimento econômico. 2007. Dissertação (Mestrado em Direito)– Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.

SANTA CATARINA, 2008. LEI Nº 14.328, DE 15 DE JANEIRO DE 2008. Dispõe sobre incentivos à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo no Estado de Santa Catarina e adota outras providências. Disponível: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2008/14328_2008_lei.html. Acesso em 13/08/2021.

SERGIPE, 2009. LEI Nº 6.794 DE 02 DE DEZEMBRO DE 2009. Dispõe sobre medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo no Estado de Sergipe, e dá providências correlatas. Disponível: https://cinttec.ufs.br/uploads/page_attach/path/1074/Lei_N__6.794_09_-_Medidas_de_incentivo___inova__o_e___pesquisa.pdf. ACESSO em 19/08/2021.

TOCANTINS, 2011. Lei nº 2.458 de 05/07/2011. Dispõe sobre o incentivo à inovação e à pesquisa científico-tecnológica nas atividades produtivas do Estado do Tocantins. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=171723>. Acesso em 21/08/2021.

Capítulo 10



10.37423/220505943

CRITICISMO DA INFRASOMATIZAÇÃO DOS ALGORITMOS E AMBIENTES COMPUTACIONAIS AO ENSINO E EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Rogério Bastos Quirino

Universidade do Estado de Mato Grosso

Gilmar Barreto

Universidade Estadual de Campinas



Resumo: A inestimável contribuição das diretrizes da concepção CDIO (*Conceive Design Implement Operate*) ao aperfeiçoamento do ensino e educação em engenharia, em sintonia com as demandas do mundo contemporâneo e o perfil dos jovens estudantes, transporta lacunas preocupantes num campo fértil de oportunidades de mudanças, aperfeiçoamentos e inovação. O desafio mais proeminente reside em manter a formação do estudante de engenharia em posição de equilíbrio, na pior das hipóteses, equidistante entre extremos sutilmente dicotômicos, quais sejam, dois perfis, cientistas e meros viabilizadores, usuários ou desenvolvedores dos sistemas n.0 numa torrente da relação causa e efeito de uso indiscriminado de algoritmos e ambientes computacionais. Este trabalho procura discutir essa questão com base numa abordagem de competência que não define padrões cognitivos para comportamentos que essencialmente não podem ser padronizados, exatamente como demandado no processo de desenvolvimento e domínio da ciência e tecnologia, com o propósito de contribuir para a formação do estudante de engenharia que convirja para o ponto de equilíbrio equidistante supramencionado. Alguns casos experimentais desenvolvidos nas disciplinas de sinais e sistemas e controle de sistemas lineares de cursos de engenharia no Brasil são utilizados para subsidiar a discussão. Uma ferramenta de abstração à modelagem de avaliação de metodologias ativas é proposta e discutida.

Palavras-chave: Educação em Engenharia; Ensino em Engenharia; Ambientes Computacionais; Competências; Ciência e tecnologia.

INTRODUÇÃO

Os debates sobre a educação e ensino de engenharia tendem a replicar uma série interminável de discussões. Por exemplo, o equilíbrio entre habilidades práticas de inovação e conhecimento teórico científico estará sempre em discussão. Embora os debates possam parecer os mesmos, o conteúdo mudará radicalmente durante os séculos por vir. A lista de habilidades práticas relevantes não será a mesma e, da mesma forma, o conhecimento teórico terá evoluído como resultado de desenvolvimentos tecnológicos, ferramentas avançadas, computadores, e modelos de simulação. Exatamente nesta evolução surge o desafio imperioso do criticismo na utilização dos ambientes computacionais às reformas que produzirão novas percepções de práticas relevantes para o ensino de engenharia no futuro.

Uma nova educação para engenheiros deverá responder as seguintes perguntas:

- 1) Que tratamento deverá ser dado ao conteúdo de um currículo básico de engenharia no futuro considerando o movimento cada vez mais convergente ao uso indiscriminado de ambientes computacionais, dado o aumento da complexidade e tratamento dos sistemas?
- 2) Qual é a sequência relevante de conhecimentos e habilidades fornecida pela educação do ponto de vista da crítica da aprendizagem baseada nos ambientes computacionais ?
- 3) Quais habilidades com sustentação científica aprofundada devem fazer parte do currículo, e quais podem ser relevantes e desenvolvidas no trabalho depois de concluir a educação?

A reforma no ensino de engenharia precisa enfrentar os desafios contemporâneos destacados aqui e encontrar novas formas de analisar e compreender conhecimentos e as práticas profissionais da engenharia neste cenário de *iot*, *big data*, inteligência artificial, aprendizado de máquina, etc.

A relação entre o conhecimento teórico científico nas disciplinas e as habilidades e conhecimentos práticos derivados da inovação tecnológica e da engenharia prática tem sido controversa no ensino de engenharia e continuará sempre apresentando desafios para a educação e ensino de engenharia.

A descrição das competências de um engenheiro deverá sempre incluir uma base científica de conhecimento de engenharia, capacidade de resolução de problemas e a capacidade de adaptar seu conhecimento e práticas a novos tipos de problemas. O foco deverá manter-se equidistante da resolução de problemas e da identificação e definição de problemas, enfatizando a identidade da engenharia na distinção entre engenheiros como criadores e projetistas versus analistas e cientistas. A abordagem CDIO (Crawley et al, 2014) renova o foco em várias questões importantes da reforma educacional de engenharia. Embora muitas iniciativas de reforma tenham se concentrado no

conteúdo curricular e a estrutura de diferentes disciplinas de ciências e engenharia, o equilíbrio entre a educação prática e a aprendizagem baseada na teoria, ou os potenciais da aprendizagem baseada em projetos como meio de aprender habilidades de trabalho em equipe, a abordagem CDIO criou um meio para coordenar os elementos nela compreendidos.

Apesar da gigantesca contribuição da abordagem CDIO ao ensino e educação em engenharia, ela não dá um tratamento explícito a um aspecto chave importante na sua discussão referente ao uso irracional de ambientes computacionais suportados por algoritmos cada vez menos transparentes, não dominados, e impenetráveis. A coordenação dos elementos prometida pela abordagem CDIO pode vir a ser prejudicada pela ineficiência de qualquer processo de aprendizagem nela implementada que faça uso indiscriminado desses ambientes computacionais no processo de aprendizagem, afastando a ciência da engenharia.

Inevitavelmente o ensino de engenharia tornar-se-á mais diversificado no futuro. Devemos investir na integração da engenharia na estrutura geral da universidade, removendo o foco rígido no currículo núcleo, mas mantendo prioritariamente a ciência da engenharia .

Precisamos continuamente procurar identificar controvérsias na evolução da educação em engenharia, seja em nossas instituições ou nas sociedades profissionais, caracterizando o ensino de engenharia, identificando tipo dominante de programa de engenharia e a forma como ele está se dando no equilíbrio entre teoria e prática, e quais modelos a ele relacionados .

Por fim, atentar para quais são as questões mais importantes para o planejadores de currículo em engenharia , antecipando medidas a se evitar qualquer possibilidade de ele vir a ser implementado por meio do uso irrefletido de ambientes computacionais de suporte.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral, discutir sobre os problemas intrínsecos da estruturação de aulas a partir de modelos de currículos flexíveis com integração das disciplinas, projetos integradores, e principalmente, das metodologias ativas que tiram o foco do professor e dão mais autonomia aos alunos, ressaltando predominantemente os aspectos raramente explicitados na literatura do que deveria de fato constituir o núcleo da metodologia ativa, ou seja, o real exercício da docência em filosofia no sentido estrito da palavra, escopo e olhar por vários prismas do conteúdo das disciplinas e relações interdisciplinares na construção, maturação e real absorção e utilização do conhecimento, independentemente da metodologia ativa utilizada.

Cabe ressaltar que pouco ou nenhum empenho e reconhecimento da necessidade dessa discussão pontual importantíssima, meramente deslocará o problema já existente na metodologia tradicional às metodologias em voga.

Da mesma forma, também é necessário refletir a respeito da estrutura das instituições de ensino em engenharia, atentando para ações de seu corpo docente, tal que elas se tornem capazes de se reinventar com autocrítica, vindo a vislumbrar uma realidade pouco discutida na formação do profissional, tornando-se plenamente aptas a promover uma formação relevante e madura adequada a este novo cenário que se apresenta.

Dentre alguns objetivos específicos deste trabalho destacamos como contribuições:

1 - Apresentação e discussão sobre estudos de casos de metodologia ativa de ensino desenvolvidas e implementadas por mim em disciplinas de Sinais e Sistema e Sistemas de Controle Linear ministradas em cursos de engenharia elétrica no Brasil, consonantes com a formação de um engenheiro com perfil voltado para ciência;

2 - Propor uma ferramenta de abstração de qualificação da aplicação das metodologias ativas frente aos desafios reais de eficácia e relevância de desenvolvimento científico e tecnológico, para que sirva de inspiração e ferramenta ao desenvolvimento de estudos que parametrizem e quantifiquem o projeto de superfícies metodológicas ativas no ensino de engenharia com o propósito de criar modelos tridimensionais de mérito à análise e ajustes das práticas de ensino pensadas até o momento.

3 – Fazer propostas inovadoras ao desenvolvimento de trabalhos futuros na área da educação em engenharia.

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E SUAS DEFICIÊNCIAS HEREDITÁRIAS

As mudanças que vêm ocorrendo nas demandas sociais rompem fronteiras entre áreas do conhecimento e passam a exigir, além de sólida formação teórico-prática nas modalidades, autonomia e criatividade por parte dos profissionais e dos cursos de engenharia. Neste contexto, é pouco visitado o aspecto da docência com a profundidade necessária sobre “o que” e “como” estudar no ensino de engenharia, mesmo nas modernas metodologias ativas. Muito além de dominar os conteúdos da engenharia, o mercado de trabalho exige um altíssimo grau de autonomia, criatividade e visão holística para que o profissional egresso de um curso de engenharia possa transitar entre as áreas do conhecimento, trabalhar colaborativamente com empenho e dar sentido às demandas sistêmicas, de acordo com as necessidades sociais.

De forma recorrente, a formação do engenheiro no Brasil tem contemplado principalmente a transmissão fria, crua e não processada de fundamentos básicos, que pouco evoluem e mesmo assim nem sempre são estudados de forma adequada.

Este cenário, por sua vez, choca-se com as tecnologias do momento e com as soluções esperadas para problemas existentes na engenharia, comprometendo a atuação do engenheiro recém-formado quando exposto ao novo e à necessidade de autonomia para inovação e solução de problemas.

Como agravante, as evoluções cada vez mais rápidas no setor tecnológico e o conseqüente aumento na complexidade dos problemas, tem forçado o ensino em engenharia a se tornar cada vez menos estruturado e transparente. Pode-se observar, neste sentido, que os cursos das engenharias têm adotado o uso de verdadeiras “caixas-pretas” em suas aulas, com o intuito de compensar a velocidade em que ocorrem as mudanças.

Faz-se urgentemente necessário refletir a respeito da estrutura das instituições de ensino em engenharia, tal que elas se tornem capazes de se reinventar, vindo a vislumbrar uma realidade pouco discutida na formação do profissional, tornando-se plenamente aptas a promover uma formação adequada a este novo cenário que se apresenta.

A elaboração dos modelos de currículos flexíveis com integração das disciplinas, projetos integradores e metodologias ativas, que tiram o foco do professor e dão mais autonomia aos alunos, e desempenham papel fundamental na formação da base piramidal na taxonomia de Bloom (Figura1). É exatamente na aplicação das metodologias ativas, que se encontra a gênese do processo de formação profissional, e que nela pode ser camuflada uma realidade que quase nunca vem à tona. Como implementar as metodologias ativas de forma eficiente se a falha central, em teoria, já existente na denominada metodologia tradicional de berço (aula expositiva) é simplesmente transferida de lugar? Tal falha sucede o método tradicional, em que já estava contida, razão pela qual o método tradicional (aula expositiva) venha a ser mal avaliado, subjugado por gerar sentimento de aprendizagem equivocado:

“Os alunos em salas de aulas ativas aprenderam mais (como seria de esperar com base em investigação prévia), mas a sua percepção da aprendizagem, enquanto positivo, era inferior ao dos seus pares em ambientes passivos. Isto sugere que as tentativas de avaliar a instrução com base sobre a percepção que os alunos têm da aprendizagem, pode inadvertidamente, promover métodos pedagógicos (passivos) inferiores. Por exemplo, um docente superestrela poderia criar um sentimento de aprendizagem tão positivo que os alunos escolheriam essas aulas em vez da aprendizagem ativa”, (Deslauriers et al, 2019).

Exatamente daí decorre o fato de que na aula expositiva do docente superestrela certamente não é feito o exercício de filosofia no sentido estrito da palavra, escopo e abstração para abarcar com

profundidade no que e como estudar na multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, erro que poderá ser igualmente repetido na aplicação dos métodos ativos.

Significa dizer que os métodos ativos, por si só, não se constituem meios que naturalmente já provêm a correção dessa falha. A falha não é consequência somente da percepção pobre que os alunos têm da aprendizagem, mas também da ação pobre do docente, independentemente da metodologia empregada. Essa falha poderia ser naturalmente importada, o que conduziria a uma falsa impressão de que os degraus da pirâmide da taxonomia de Bloom, Figura 1, estejam sendo consistentemente construídos.



Figura 1 – Taxonomia de Bloom Revisada

Fonte: Augusto, M., 2020.

O exercício docente ativo cumpre um papel importante de idealização e balizamento referenciais, de caminho de realimentação e avaliação do protagonismo na relação aluno/docente, quaisquer que sejam as metodologias empregadas. Tal falta de ação docente tem reflexos negativos e não pode ser simplesmente carregada sem que a demos um tratamento adequado, sem o qual, mesmo com o emprego das metodologias ativas, os resultados serão ineficazes do ponto de vista da essência da formação e domínio do conhecimento. Ainda no bojo desse processo, existe um agravante que reside no fato de que há muito tempo o sistema de ensino de graduação de engenharia brasileiro, com o intuito de se adequar a era (4,5).0, que requer do profissional o cumprimento da fase topo da pirâmide de Bloom (Figura 1), vem implementando abordagens de ensino baseadas na filosofia “caixas-pretas”, inerentes e constituintes das plataformas dos sistemas (4,5).0, também tópico da atual de discussão no ensino de engenharia, tratado em (Oliveira,2020).

Este trabalho procura levantar e evidenciar parte dos problemas inerentes nas relações de didáticas, conteúdos e aprofundamentos utilizados no ensino que podem se prostrar como geradores de

inconsistências ou oportunidades singulares na formação profissional à aquisição de competências ao entendimento, operação e criação de sistemas da era (4,5).0, tendo como cerne da discussão a implementação das metodologias ativas tratada na nova lei de diretrizes e bases (Oliveira,2020). A didática, o conteúdo propriamente dito, a profundidade e a forma de seu tratamento, foram desenvolvidos de forma a maximizar a capacitação científico-tecnológica e de inovações, da produtividade e competitividade dos alunos no mercado em nível global, mas antes de tudo, nos efeitos da resposta efetiva, coerente, da implementação das metodologias ativas, gênese da formação profissional. Ademais, a metodologia procurou criar alguns caminhos a serem trilhados com base em alguns trabalhos de fundo didáticos desenvolvidos em disciplinas de graduação em engenharia elétrica em instituições pública e privada.

O ‘Desvio Científico’ na formação do engenheiro pode ser entendido como o processo pelo qual o conhecimento que se destina a ser “útil” perde gradualmente laços estreitos com a prática ao mesmo tempo que se torna mais fortemente integrado com um ou outro corpo de conhecimento científico.

Esse desvio de natureza acadêmica, neste sentido, foi um fenômeno comum na agricultura, ciências da engenharia, medicina e gestão em vários países nos séculos 19 e 20, conforme estudo (Harwood, 2006), e que ocorre sem o devido tratamento ao seu aproveitamento até os dias de hoje.

Compreender e refletir sobre esse intervalo entre academia e atendimento ao mercado das aplicações práticas, é obviamente importante, ainda mais considerando que as metodologias ativas podem projetar ponderadamente as introjeções entre tais polos de desvio.

É surpreendente, portanto, que embora a discussão sobre a formação nos cursos de engenharia, focada nestes polos, tenha sido amplamente documentada, notavelmente pouco tem sido discutido sobre eles no contexto das atribuições de competências consideradas nas metodologias ativas.

Segundo (Harwood, 2010), o desvio não é uma tendência universal invariável, mas historicamente demonstra que surge em circunstâncias particulares.

Considerando as suas implicações nas metodologias do ensino superior, parece legítimo perguntar quais faculdades de engenharia se preocupam em refletir profundamente sobre a implementação de suas metodologias ativas no que tange as competências e habilidades que se adequam a seus graduandos para atuar, seja na indústria ou na academia.

O objetivo mais importante a ser alcançado com as técnicas de ensino é o de formar o graduando a fim de produzir conhecimento tanto técnico como científico para servir a humanidade. Essa posição, no entanto, significa que se deve rejeitar categoricamente o domínio de uma única polarização de desvio.

A maioria dos teóricos desta ‘Revolução adimensional’ eram engenheiros europeus bem versados no cálculo (como suas contrapartes americanas mais orientadas para a prática não eram).

O ponto chave é que não há um caminho certo para o sucesso na engenharia científica. E isso significa dizer que o planejamento das metodologias ativas deve se ater na importância da demonstração de existência de pontos quiescentes no domínio, aplicação e geração de conhecimento baseados na fronteira destes polos.

Deve-se preservar a diversidade de realidades de pessoas e situações, mas deve se insistir na formação de engenheiros que estejam preparados para o eficaz e rápido trânsito entre estes polos do universo de domínio técnico-científico.

É óbvio dizer que a história nunca se repete; o futuro nunca simplesmente reproduz o passado. Portanto, não é de se esperar que a história da educação do ensino de engenharia por si só forneça um plano para ação.

O que ela pode fazer, no entanto, é fornecer conjuntamente com a incorporação de estratégias de ensino-aprendizagem, ferramentas para reflexão, uma maneira de olhar para os problemas das dinâmicas de educação e desenvolvimento técnico-científico global e local atuais, de forma a antever e corrigir possíveis polarizações de desvios.

METODOLOGIAS ATIVAS VIA SISTEMAS INTELIGENTES DE APRENDIZAGEM, APARELHAMENTO DIGITAL NO ENSINO E ALGORITMIZAÇÃO

A torrente filosófica de ensino atual é baseada intensamente na utilização premente de pacotes do *Matlab*, *Scilab*, *Octave*, *Mathcad*, *Simulink*, entre outros, passíveis de mera alimentação de dados, e de posterior devolução de resultados para análise, sem que o acadêmico tenha a compreensão teórica em profundidade suficiente do cerne sobre como o pacote pode ser implementado. Um exemplo pode ser dado pela tão simples operação de multiplicação das matrizes A e B para obter a matriz C, que pode ser realizada de seis maneiras distintas, (Barreto, 2002). O programa fonte utilizado pelo *Matlab* para fazer esta operação não está disponível e este fato é aceito passivamente por todos os usuários do software.

Deste modo a teoria ou método matemático em que o software está baseado é na maioria das vezes desconhecido, restando para o aluno apenas programá-lo, prejudicando significativamente a formação desses acadêmicos ao desenvolvimento, manutenção e utilização adequada de tais pacotes, indispensáveis à formação competente para inserção profissional na era (4,5).0, tornando-os meros “pilotos de programas” com conhecimentos teóricos superficiais, sem criticismos e reflexões maduras

em profundidade sobre o conteúdo, despreparados ao desenvolvimento e modificação de tais sistemas.

Durante décadas, há evidências de que aprendizagem ativa - técnicas de sala de aula projetado para levar os alunos a participar do processo de aprendizagem - produz melhores resultados educacionais para estudantes em praticamente todos os níveis pode ser questionada pelos argumentos anteriores. Como sugestão à utilização criteriosa de pacotes ao ensino de engenharia, relato algumas experiências bem sucedidas nas disciplinas de Sinais e Sistemas e Controle de Sistemas Lineares, ministradas por mim, em cursos de engenharia elétrica de universidades Brasileiras, em que procurou-se avaliar qualitativamente os níveis de dificuldade, causas e efeitos ao entendimento e desenvolvimento integral de um projeto de um laboratório virtual ao ensino de modelagem e dinâmica de sistemas lineares desenvolvido em (Rodrigues, D.A. et al,2020), bem como a criação de pacotes computacionais de apoio didático a partir de estudos realizados em (Andrade,T.G. et al,2016; Arcolezi, H.H. et al, 2017; Rosset,K.R. et al,2018).

Existem movimentos em direção à implementação de tecnologias computacionais na educação, elaborando propostas pedagógicas que apontam tendências de vaporização digital de grande parte da estrutura física das atuais instituições de ensino superior, assim como as competências que devem ser desenvolvidas pelos alunos para que estejam preparados para um mercado crescentemente apoiado em sistemas operacionais automatizados e artificialmente “inteligentes”.

Faz-se urgentemente necessário refletir sobre as decorrências da instrumentalização computacional da razão e da industrialização digital da cultura sobre a formação do pensamento ao longo do processo educacional (Campos, 2018, pg. 194).

Em (Berry, 2019), o autor introduz uma teoria crítica de algoritmos para fornecer um meio de compreensão de algoritmos e computação. É uma abordagem que se recusa a ignorar e suavizar contradições e reivindicações contraditórias e tenta apreender o momento dinâmico do sujeito. Para isso, analisa dois estudos de caso, um examinando o trabalho mental e o outro o trabalho físico. A primeira analisa a maneira como o conflito social é incorporado à maquinaria dos algoritmos e o trabalho é transformado em mercadoria por meio de uma interface. Na segunda, a dicotomia interface-máquina é examinada para ver como ela informa muitas tentativas de disciplinar o trabalho e permite tentativas radicais de objetivar a computação no mundo físico. No capítulo 3, ele argumenta que ao contestar a invisibilidade das infraestruturas algorítmicas e criticar as infrassomatizações, a exploração da força de trabalho oferece uma alavanca crítica para abrir a caixa preta do capitalismo computacional.

A crítica do autor tangencia o universo de desenvolvimento de algoritmos em ambientes computacionais com aplicações ao ensino, na medida em que a opacidade inerente dos algoritmos na instrumentalização digital atualmente empregada no ensino nas universidades diverge profundamente dos aspectos que a princípio deveriam ser priorizados, também na visão dele, na formulação das metodologias ativas, quais sejam: elevada transparência, conhecimento aprofundado, reflexão, criticismo e domínio da parte do agente em formação ao que cria, utiliza e inova.

Fica claramente demonstrado em (Campos, 2018) que a onda de digitalização no ensino tem repercussão negativa às metodologias em desenvolvimento, indicando plausivelmente que estamos caminhando na contramão da formação dos estudantes com um perfil completamente antagônico ao perfil científico desejado na utilização indiscriminada de suportes de ensino nos moldes atuais.

Os educadores, para além da formatação tecnológica e digital do conteúdo ensinado, devem refletir sobre como o conteúdo é afetado principalmente pelas metodologias ativas empregadas, quais as violências cometidas contra o conteúdo e a forma por seu arranjo digital, o que o conteúdo revela das condições ao embasamento histórico, social e científico, das quais faz parte e como se relaciona com o seu modo de exposição, tratamento e aprofundamento.

É preciso desconstruir, desestimular cérebros docentes e discentes fortemente condicionados aos esquemas colocados pelo mero uso e aplicação constante de “pacotes”, aplicativos, e sistemas inteligentes sem o domínio e conhecimento adequado de seu projeto e constituição.

COMPETÊNCIAS PROJETADAS NAS METODOLOGIAS ATIVAS

Persiste a necessidade premente de se fazer a devida internalização do conceito científico rigorosamente crítico de “competência” estudado em (Westera, W., 2001), incorporando-o como o objetivo central a ser alcançado por meio das estratégias de implementação das metodologias ativas, a fim de subsidiar e prover meios para que os engenheiros adquiram formação com perfil de cientista. O plano base de esculturação do conhecimento prévio em ciência e tecnologia e do significado de competência utilizados nessa abordagem sobre questões de pesquisa na área científica e tecnológica pode conduzir a desvios de educação em engenharia indesejados na medida em que, sem o estabelecimento de critérios importantes, pode vir a utilizar ferramentas de mera satisfação ao atendimento de formação superficial, por exemplo, à demanda dos sistemas (4,5).0, como abordado em (Quirino, R. B. et al, 2020).

As atuais avaliações de competências e seus valores preditivos para desempenhos futuros são altamente questionáveis quando utilizadas na formação do engenheiro que deve ter sólida formação

à exploração científica. As avaliações de competências pensadas na atualidade não deveriam necessariamente lidar com a reprodutibilidade ou, melhor, com a previsão de comportamentos futuros de sucesso, que inerentemente não obedece a dinâmica do processo científico.

No que diz respeito às diferenças entre competências e habilidades, o pensamento consciente não pode servir como um fator discriminativo, uma vez que naturalmente, a complexidade e a novidade de uma situação parecem provocar o comportamento consciente. Este pensamento consciente diz respeito à seleção, combinação ou adaptação de rotinas existentes para atender a situação. Além disso, a idéia de complexidade parece indicar que as competências são uma subclasse de habilidades, e não uma categoria de coordenação. Em teoria, a complexidade de uma determinada tarefa pode ser determinada a partir do número de objetos envolvidos, seus atributos, suas inter-relações, as regras e processos envolvidos e assim por diante. Mas, além do trabalho árduo, a complexidade de uma tarefa deve sempre ser avaliada em relação a pessoa envolvida. Sinteticamente, as metodologias ativas deveriam tomar como base os modelos de competência explorados em (Westera, W., 2001). O modelo da Figura 2 demonstra ser mais adequado à formação do engenheiro cientista, em razão de propiciar a exploração relevante dos infinitos estágios entre academia e prática na implementação das aprendizagens ativas como inspiração humana ao bem estar mental do estudante de engenharia, gerado pela real capacidade de abstração de conhecimentos e de justiça na ciência e engenharia, apoiada no possuir (conhecimento), sentimento (atitudes), fazer (habilidades), criar(engenheiro) e descobrir(cientista), suplantando um histórico de ensino de engenharia marcado pelo mero acompanhamento marginal, robótico, empacotado, não processado, sem protagonismo, do desenvolvimento científico e tecnológico mundial .

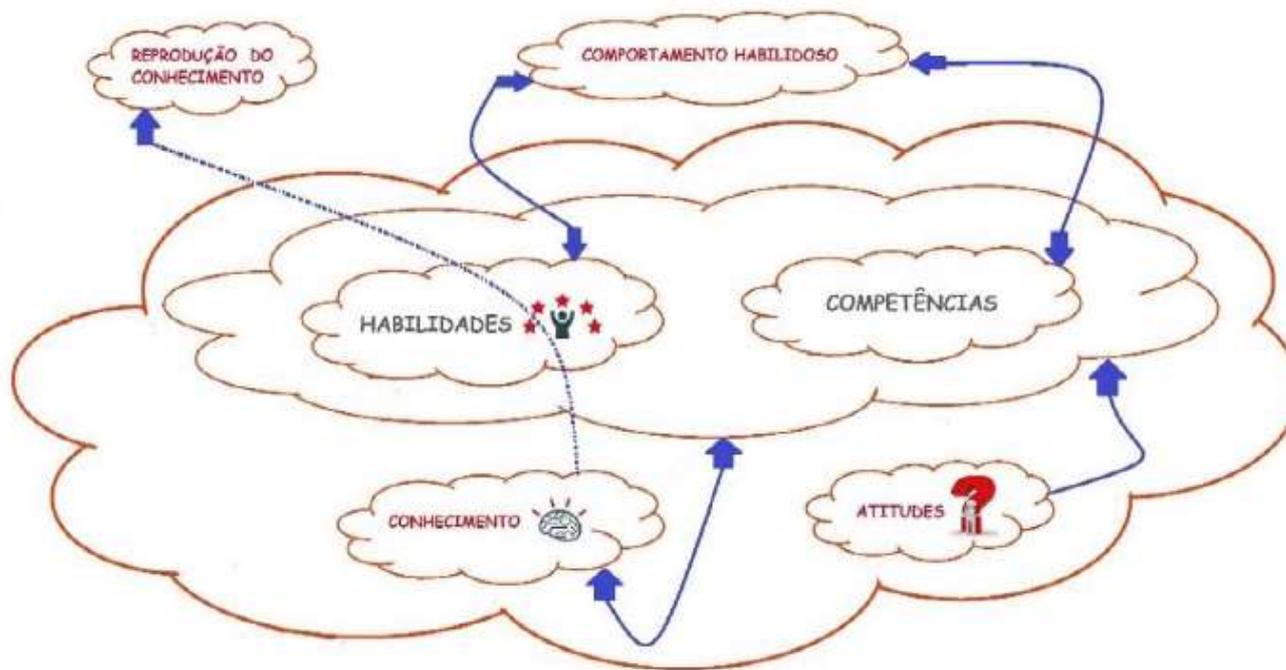


Figura 2- Competências como Sub-Habilidades

Fonte: Próprio Autor.

ESTRATÉGIAS DE COMPETÊNCIAS VERSUS FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO COM PERFIL CIENTÍFICO

As competências na formação do engenheiro cientista, por definição deveriam estar associadas a comportamentos de sucesso em situações não padronizadas. Tal definição apesar de entrar em conflito com o uso de competências como padrões educacionais, elas devem servir de balizamento para que os estudantes de graduação de engenharia obtenham resultados realmente significativos para sua formação compatível com a de cientistas.

O uso de competências como padrões educacionais não deveria se referir necessária e exclusivamente às tarefas envolvidas em si mesmas, mas serem associadas em primeiro plano, com a insistente componente de despertar, instigar e preparar os estudantes ao trânsito maduro nessa fronteira da ciência e tecnologia, quaisquer que sejam as características e formação prévias desses estudantes. Claramente, isso requer o uso de um novo significado de competência dissociado do significado de referência utilizado nos sistemas educacionais.

Em suma, quais fatores nas metodologias ativas vigentes tendem a estimular única e exclusivamente o alcance e a permanência num dos lados da fronteira da ciência e tecnologia e quais conduzem para o inteligente, deslumbrante, prazeroso permear sobre ela? O lugar natural para as respostas seria desenvolver um estudo sistêmico recorrente sobre a história da engenharia, ciência e tecnologia, e

sua relação permanente e significativa com as competências ativas imbricadas na filosofia e psicologia da educação (Stroet, K.et al, 2015) em sentido mais estrito, a fim de se estabelecer as complementaridades e dar continuidade cada vez mais impreterível ao entendimento e traçado de estratégias de metodologias ativas de ensino de engenharia com o passar do tempo.

Finalmente, desejar que a abstração de qualificação das competências à aplicação nas metodologias ativas realizada neste trabalho frente aos desafios reais de eficácia e relevância de desenvolvimento científico e tecnológico sirva de inspiração e ferramenta ao desenvolvimento de estudos que parametrizem e quantifiquem as metodologias ativas no ensino de engenharia com o propósito de criar modelos de mérito à análise e ajustes das práticas de ensino do engenheiro pensadas que incorporem a visão de produção de ciência, lembrando que a ciência, dentre todas as matérias, contém dentro de si a lição do perigo da crença na infalibilidade dos maiores professores da geração anterior.

SUPERFÍCIES DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA

As estratégias de implementação de metodologias ativas discutidas que se propõe abordar “Questões de pesquisa na área científica e tecnológica”, demonstra ser mais explicitamente adequada à incorporação desse novo conceito de “competência”. Ademais, pode se admitir que um bom desenvolvimento dessa estratégia baseado neste novo conceito e num estudo aprofundado e detalhado da história da ciência e tecnologia, alicerça em escopo e filosofia o bom desenvolvimento de grande parte das estratégias supracitadas restantes, pois implícita ou explicitamente, com menor ou maior grau, em contextos e realidades diferentes, elas já foram inexorável e historicamente realizadas.

O plano base de esculturação do conhecimento prévio em ciência e tecnologia e do significado de competência utilizados nessa abordagem sobre questões de pesquisa na área científica e tecnológica pode conduzir a desvios de educação em engenharia indesejados na medida em que, sem o estabelecimento de critérios importantes, pode vir a utilizar ferramentas de mera satisfação ao atendimento de formação superficial, por exemplo, à demanda dos sistemas (4,5).0, como abordado em (Quirino , R.B. et al, 2018).

Afastando-se temporariamente do compromisso assumido de abstração exclusivamente qualitativa, a título de curiosidade “científica” relevante aos estudantes de engenharia, vale discutir sobre a

idealização da figura geratriz das superfícies de educação em engenharia e ciência baseado no significado de competência abordado e as metodologias ativas associadas.

De forma instigadora, a figura 3, superfície geratriz das superfícies em engenharia e ciência, denominadas de superfícies de metodologias ativas, é formada através da composição dos eixos de competências e conhecimento de suporte em ciência e tecnologia semelhante as Figuras 4 e 5. A geração da superfície na direção do eixo de evolução da ciência e tecnologia é resultante das oscilações inerentes decorrentes das competências em foco, representadas por exemplo através de uma função periódica trigonométrica senoidal no tempo, versus uma exponencial negativa no tempo, representando o grau de consonância com a formação de base em ciência e tecnologia embutidas nas competências focadas, dando conformação ao perfil de superfície de metodologia ativa desejada.

Vale ressaltar que a superfície de educação gerada se dá pela composição no espaço tridimensional de trajetórias de metodologias ativas que venham a ser utilizadas. Tais trajetórias não devem necessariamente estarem contidas na superfície da ampulheta cônica idealizada neste trabalho como geratriz.

Em outras palavras, significa dizer que a superfície de educação a ser idealizada pode ter a conformação de acordo os interesses de projeto, baseada na estrutura do corpo docente, recursos econômico-financeiros, demandas de políticas de governo, universidades e institutos de pesquisa envolvidos.

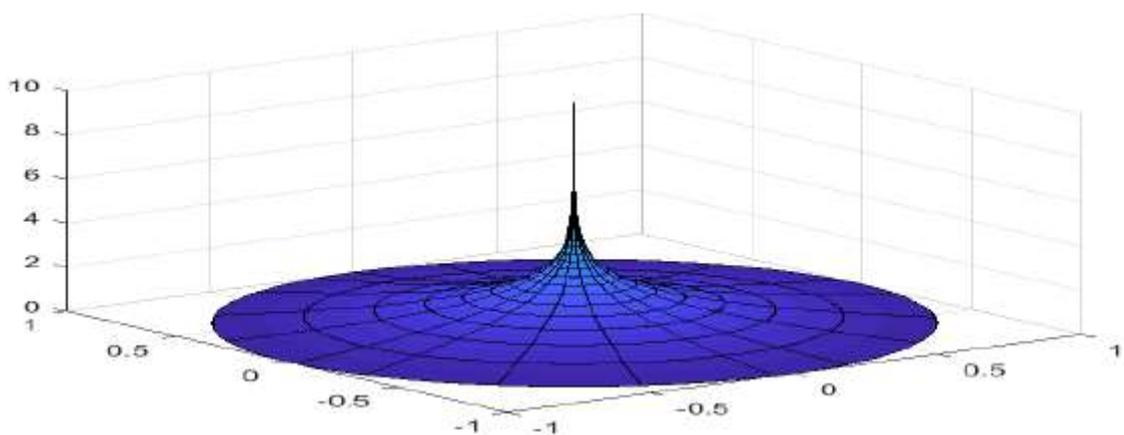


Figura 3 – Superfície Geratriz de Meia Ampulheta Cônica.

Fonte: Próprio Autor

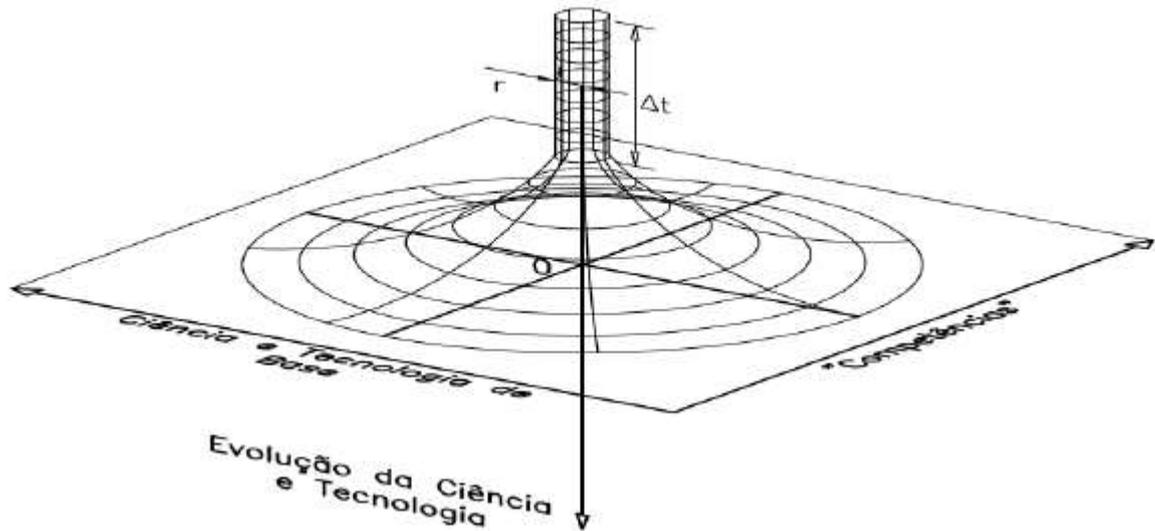


Figura 4– Base e Tronco Estreito e Prolongado de Meia Ampulheta Cônica

Fonte: Próprio Autor

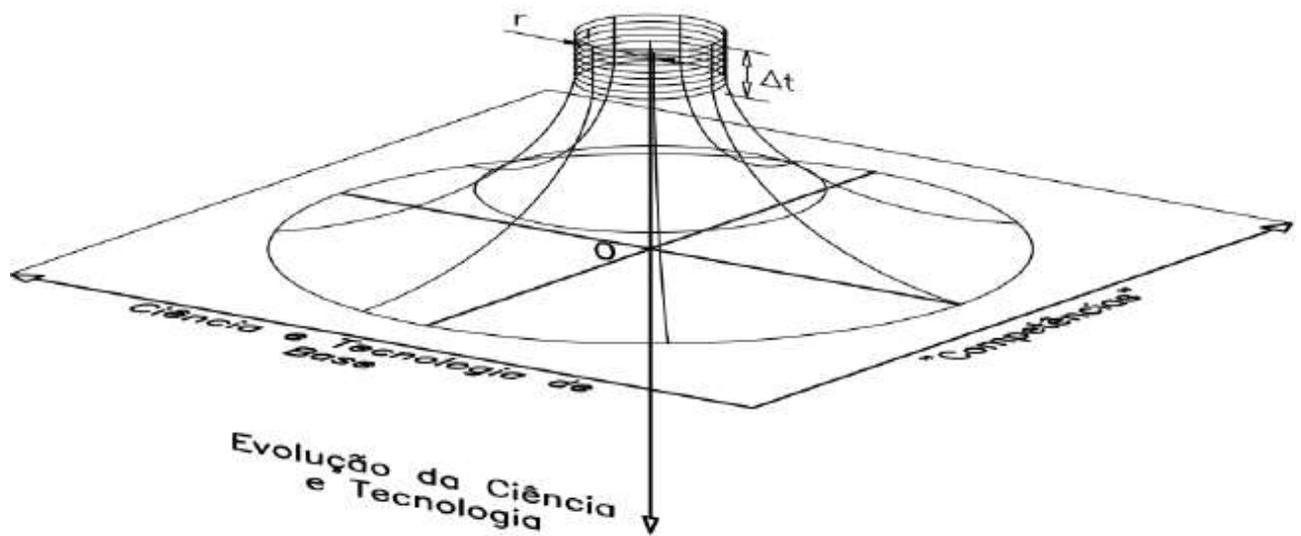


Figura 5 – Base e Tronco Largo e Curto de Meia Ampulheta Cônica

Fonte: Próprio Autor

A trajetória de pontos gerados sobre a superfície na direção do topo do tronco se dá a partir de um conjunto de trajetórias possíveis de pontos a serem tomados no plano formador da base. As superfícies formadas pelas Figuras 4 e 5 atingem o topo do tronco num distanciamento r do eixo central, evolução da ciência e tecnologia, com duração Δt . Delas pode se depreender o desempenho real de participação e domínio do processo de evolução da ciência e tecnologia, denotado pela aproximação r , bem como o tempo decorrido Δt de duração de manutenção da aproximação,

entendido como tempo de amadurecimento desse domínio até que um novo plano base da evolução seja alcançado.

O projeto de um conjunto de trajetórias de pontos a serem tomados no plano de base se caracterizaria de forma abstrata pelas componentes de significado de competência e de aprofundamento baseado na ciência e tecnologia utilizados no ensino à conformação da superfície de metodologias ativas pretendida.

As variações nos eixos do plano de base poderiam ser vistas, por exemplo, no que tange às competências, desde a não utilização de qualquer significado de competência ou seu emprego que não se coaduna com o significado de competência entendido como sub-habilidades (Westera, W., 2001).

Referente à componente de ciência e tecnologia na base do plano, este poderia variar entre o pobre aprofundamento do ensino com base em ciência e tecnologia e a utilização excessiva de pacotes de programas e aplicativos como tratado em (Quirino, R.B. et al, 2020). É obvio dizer que a superfície da figura 3 utilizada para fins de abstração poderia não ser única e categórica. Ademais, tanto ela como outras poderiam vir a ser ou não concretamente validadas num estudo parametrizado e quantitativo do emprego das metodologias, análogo ao realizado em avaliação de projetos (González-Marcos, A. et al, 2015), tomando-se um referencial de evolução real eficaz da ciência e tecnologia.

No intuito de aprofundar a discussão, as Figuras 6 e 7 mostram a transição da superfície de metodologias para um novo plano de base evidenciando-se os tempos cronológico e histórico científico. Elas mostram as superfícies metodológicas projetadas com diferentes distanciamentos de aproximação e tempo decorrido associado.

Pode se notar as transições de passagem para um novo plano de base em distâncias diferentes ao eixo central da evolução da ciência e tecnologia, significando diferentes níveis de amadurecimento e domínio da evolução atingido. Os diferentes tempos decorridos próximo ao eixo central, significam o tempo demandado ao amadurecimento e domínio do corpo desse eixo para atingir o novo plano base.

Como consequência, o projeto de uma superfície pode permitir que o próximo plano base inferior no último estágio na base da ampulheta seja atingido com conteúdo de profundidade e tempo de amadurecimento necessários ao real domínio do eixo central e sedimentação do plano base seguinte a ser formado.

A figura 8 mostra um exemplo de projeto de torre de superfícies metodológicas na direção de fluxo de conteúdo entre as âmbulas que não será mais o mesmo, de natureza e escopos diferentes, em alusão ao que está por vir, não previsto, atentando à não menos importante e independente grandeza ímpar de tempo intrínseca do processo para recuperação do passado na ciência e tecnologia. Nela podemos visualizar superfícies de metodologias projetada no sentido de propiciar mais aproximação e tempo ao domínio e seu amadurecimento na evolução da ciência e tecnologia.

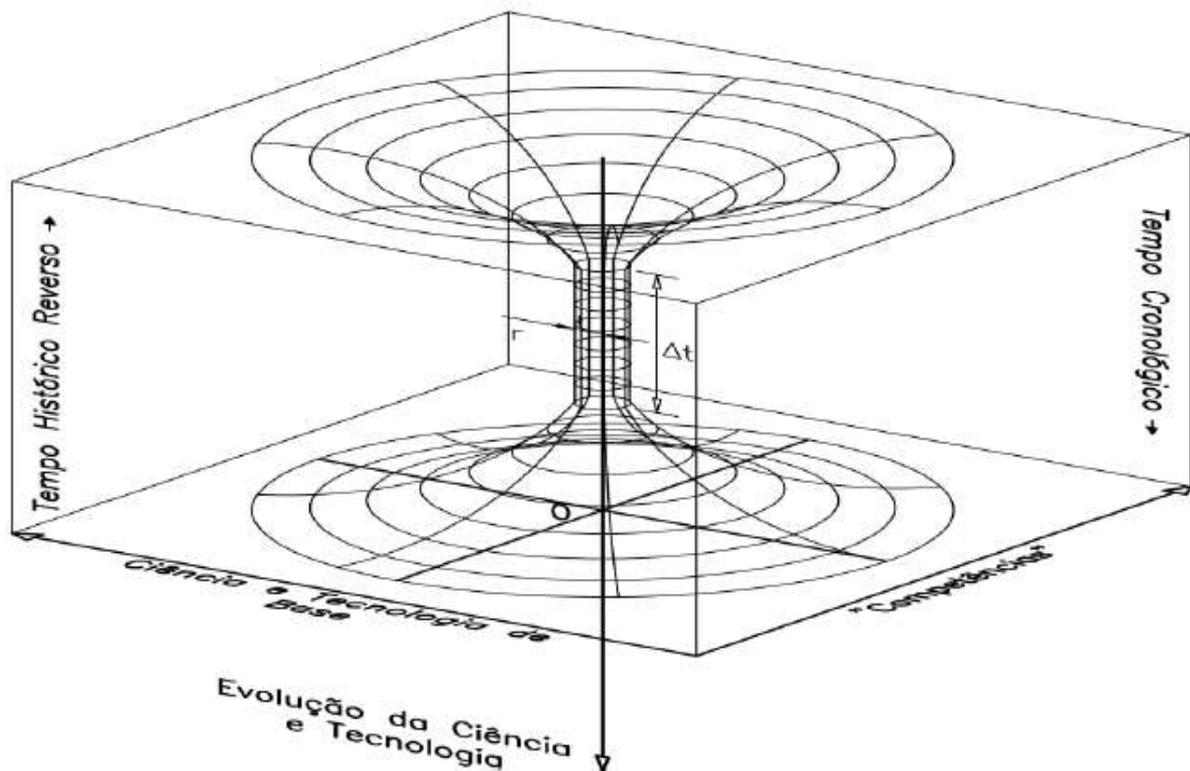


Figura 6- Superfície de Metodologias Ativas com Passagem Delgada e Lenta

Fonte: Próprio Autor

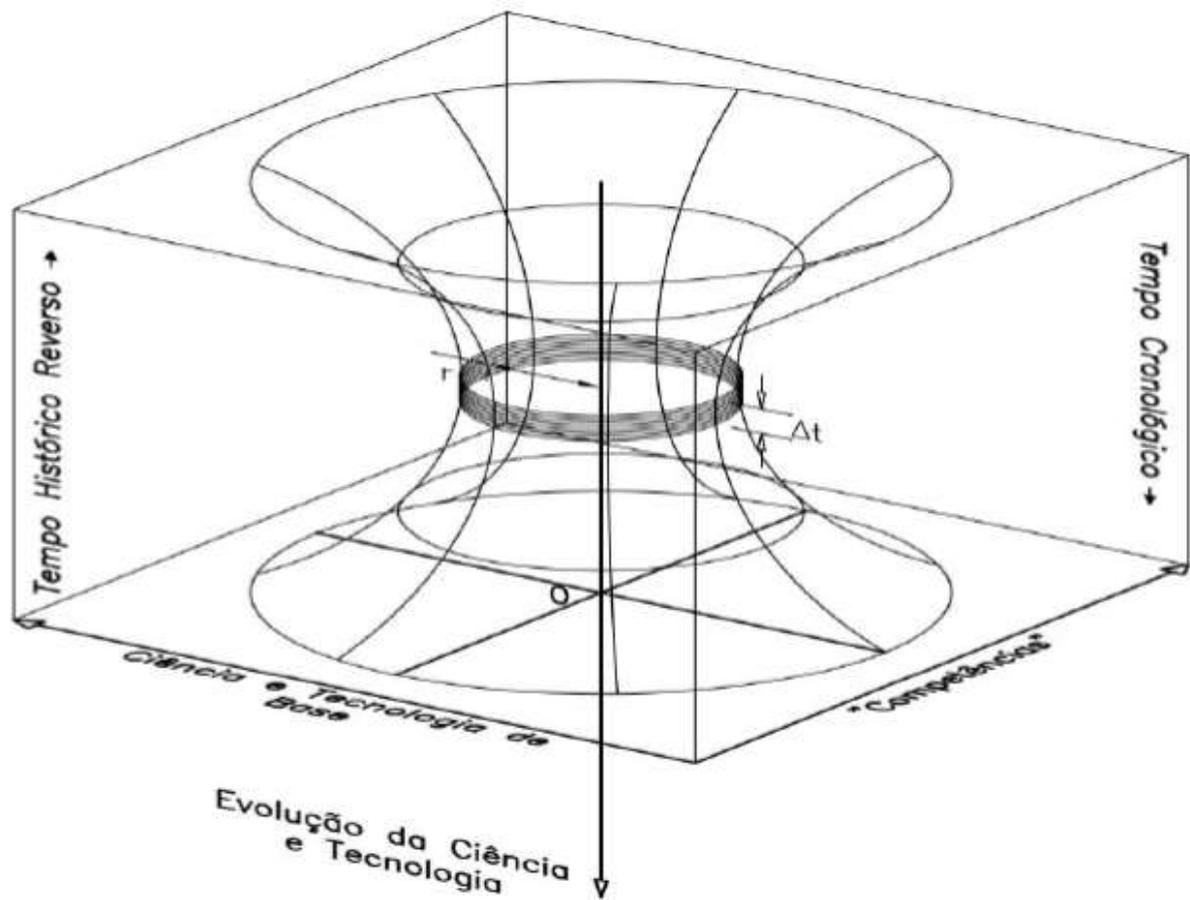


Figura 7 – Superfície de Metodologias Ativas com Passagem Larga e Rápida

Fonte: Próprio Autor

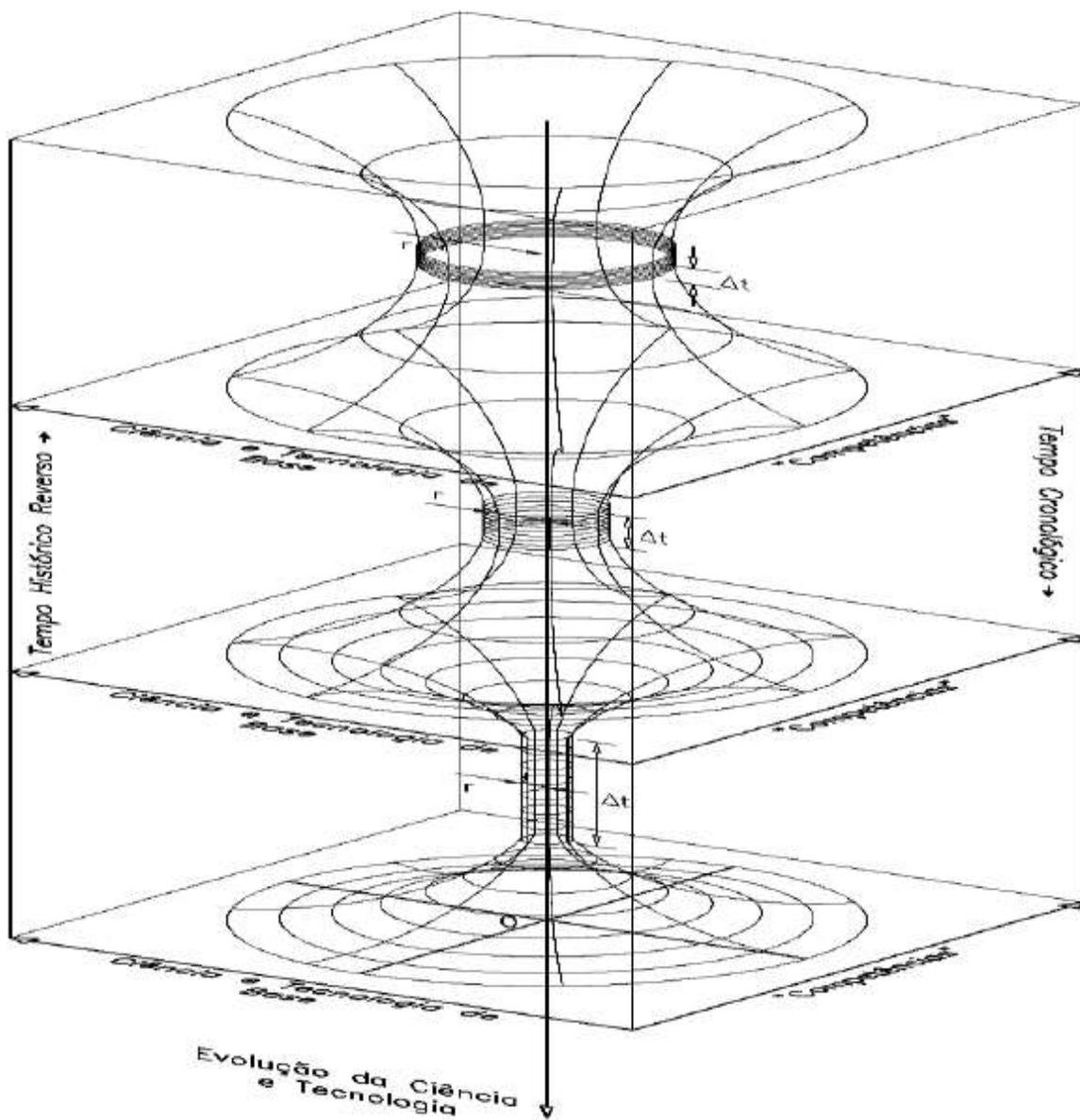


Figura 8– Caso de Projeto de Torre de Superfícies de Metodologias Ativas

Fonte: Próprio Autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Cabe procurarmos meios que garantem de fato a exploração relevante dos infinitos estágios entre academia e prática na implementação das aprendizagens ativas como inspiração humana ao bem estar mental do estudante de engenharia, gerado pela real capacidade de abstração de conhecimentos e de justiça na ciência e engenharia, apoiada no possuir (conhecimento), sentimento (atitudes), fazer (habilidades), criar(engenheiro) e descobrir(cientista), suplantando um histórico de ensino de

engenharia marcado pelo mero acompanhamento marginal, robótico, empacotado, não processado, sem protagonismo, do desenvolvimento científico e tecnológico mundial .

Desejar que o metamodelo de qualificação da aplicação das metodologias ativas realizada nesta parte do trabalho frente aos desafios reais de eficácia e relevância de desenvolvimento científico e tecnológico, sirva de inspiração e ferramenta ao desenvolvimento de estudos que parametrizem e quantifiquem o projeto de superfícies metodológicas ativas no ensino de engenharia com o propósito de criar modelos tridimensionais de mérito à análise e ajustes das práticas de ensino pensadas até o momento.

Finalmente, ressaltar que a proposta de um metamodelo realizada neste trabalho à parametrização das metodologias ativas empregadas nos cursos de engenharia com vista à adequada formação científica do engenheiro, é paradoxal na medida em que remete a utilização de variáveis de entrada, internas, e de saída do próprio modelo, com graus de subjetividade e imensurabilidade como as utilizadas, por exemplo, no trabalho (Deslauriersa, L et al, 2019).

Contudo, a abstração oferece, como saída a este paradoxo, a incorporação da lógica “fuzzy” , bem como processos estocásticos ao tratamento de tais variáveis.

“Todo modelo esbarra, pois, contra situação de limite que são, para ele, paradoxos. São, para ele, inexplicáveis. Para dar alguns exemplos: os modelos religiosos esbarram contra Deus, o modelo marxista esbarra contra liberdade numa estrutura determinista, o modelo da física contra o fator da indeterminabilidade. Obviamente os paradoxos não aniquilam os modelos. O modelo se defende encapsulando o paradoxo. As religiões fazem teologias, o marxismo teorias da liberdade, a física cálculos de indeterminabilidade. Mas o paradoxo persiste. Confrontados com o paradoxo podemos adotar duas atitudes: a) podemos aceitá-lo como paradoxo (como “mistério”, como “limite do pensável”, como “ultrapassando a compreensão humana”). Neste caso teremos transformado nossa crença inicial no modelo em fé no modelo. b) Podemos resolver o paradoxo construindo um metamodelo. Neste caso teremos abandonado a crença inicial no modelo. Mas devemos saber, ao fazê-lo, que resolvemos o paradoxo apenas para cair em outro. “

O projeto da superfície de educação proposto neste trabalho, baseado nas três dimensões de variáveis, é uma importante contribuição deste trabalho que com certeza no futuro irá propiciar a elaboração de novos trabalhos teóricos, aplicação em salas de aula desta teoria, que irão propiciar a elaboração de dissertações e trabalhos sobre a teoria.

Uma proposta para trabalhos futuros é a criação de modelos de estudo de casos de referência, preferencialmente, concomitantemente ao estabelecimento de acordos ao uso de instalações e recursos didáticos de ensino e treinamento de institutos de pesquisa científica, treinamento

profissional, e universidades Brasileiras e estrangeiras a fim de se criar tais modelos de estudo de casos ao projeto de modificação, controle, operação, criação e inovação de sistemas ou dispositivos, empregando de forma mais abrangente possível as tecnologias de última geração, subsidiado com os conhecimentos teórico-práticos adquiridos nas disciplinas dos cursos de bacharelado em engenharia elétrica de universidades Brasileiras e nos princípios das metodologias ativas aqui discutidas.

Propõe-se que os docentes de instituições de ensino que dispõem de laboratórios de inovação com instalações de equipamentos com tecnologia avançada, e que se coadunam com as provocações e ideias aqui lançadas, investiguem estas nuances de formação, sob o referencial da proposta aqui elaborada, de forma a procurar dar uma resposta ao aqui delineado.

Cabe ressaltar que neste trabalho procurou-se demonstrar a existência de uma falha no percurso de evolução da didática de ensino, que certamente quando corroborada através da validação de um modelo empírico, será certamente tratada e corrigida, em prol, há muito tempo, do carente e deficiente sistema de ensino de graduação em engenharia.

As reflexões realizadas neste trabalho certamente servirão de balizamento ao reestudo das metodologias ativas atuais e doravante a serem implementadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, T. G.; Quirino, R. B.(2016) Um Estudo Unificado das Teorias de Estabilidade de Sistemas Lineares de Controle Automático. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC’2016,Fozdolguaçu,PR,Brasil.Acessadoem28/03/2022nosítio<https://www.confea.org.br/ev-entos/contecc/contecc-2016/experiencia-profissional-educacao-e-gestao>
- Arcolezi, H. H.; Quirino, R. B. (2017) Um Estudo Complementar do Controle PID Servo e Regulador Aplicado ao Sistema Pêndulo Invertido, COBENGE 2017, UDESC, JOINVILLE-SC, Brasil. Acessado em 22/03/2022 no sítio http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php
- Augusto, M. (2020) Será viável falar-se em “ensino” de Empreendedorismo? Engenharia em Pauta. Acessado em 20/06/2020 no sítio <https://engenhariae.com.br/editorial/engenharia-em-pauta/sera-viavel-falar-se-em-ensino-de-empreendedorismo-segunda-parte>.
- Barreto, G. (2002) Modelagem Computacional Distribuída e Paralela de Sistemas e de Séries Temporais Multivariáveis no Espaço de Estado. Tese de doutorado na Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP. Acessada em 1/08/2021 em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/261255>.
- Berry, D.M. (2019). Data Politics: Worlds, Subjects, Rights. 1st Edition, London, Routledge. acessado em26/03/2022.nosítio<https://www.taylorfrancis.com/books/oa-edit/10.4324/9781315167305/data-politics-didier-bigo-engin-isin-evelyn-ruppert>
- Campos, L.F.A.A. (2018) Inteligência Artificial e Instrumentalização Digital no Ensino: A Semiformação na Era da Automação Computacional. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Araraquara,SP . Acessado em 28/03/2022 no sítio <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157281>
- Crawley, E. F et al. (2014) Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach (2nd Edition). Springer.
- Deslauriers, L.; Mccarty, L. S. ; Millerck, K. ; Callaghana, K. , and Kestina, G. (2019) Measuring Actual Learning versus Feeling of Learning in Response to being Actively Engaged in the Classroom PNAS, September 24, 2019, vol. 116, no. 39, 19251–19257 Acessado em 12/04/2020 em <https://www.pnas.org/content/116/39/19251>.

González-Marcos, A.; Alba-Elias, F.; Ordieres-Meré, J. (2015) An Analytical Method for Measuring Competence in Project Management. *British Journal of Educational Technology*. Acessado em 28/03/2022 no sítio <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bjet.12364>

Harwood, J.(2006). *Engineering Education between Science and Practice:The Historiography*. *History and Technology*,v.22,n.1,p.5379.Taylor&Francis.Disponível em:<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07341510500497210>

Harwood, J. (2010) Understanding Academic Drift: On the Institutional Dynamics of Higher Technical and Professional Education. *Minerva-A Review of Science, Learning and Policy*, v. 48, n. 4. Disponível em :<https://link.springer.com/article/10.1007/s11024-010-9156-9>

Oliveira, V.F. (2020) A Engenharia e as Novas DCNs - Oportunidades para Formar Mais e Melhores Engenheiros. Acessada em 22/06/2020 no sítio <https://www.youtube.com/watch?v=OEQlvky2u4U>.

Quirino, R. B.; Barreto, G.; Camargo, J.T.F.(2020) Preocupações Inerentes na Aplicação das Metodologias Ativas nas Graduações em Engenharia, COBENGE 2020, UCS, Caxias-RS, Brasil. Acessado em 22/03/2022 no sítio http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php

Quirino, R. B.; Barreto, G.; Claudy, V.R.S. (2018) A Era dos Sistemas 4.0: Contribuição ou Comprometimento ao Ensino de Graduação no Brasil?. VII Seminário Inovações Curriculares, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Rodrigues, D.A.; Quirino, R.B.; Gasotto, M.A.(2020) Development of a Public Domain Virtual Laboratory for the Interdisciplinary Study of Dynamic Systems. *Brazilian Journals of Development*, Curitiba,v.6,n.7,p.5239052393,ISSN25258761.Disponível em <https://sourceforge.net/projects/controllab/>.

Rosset, K. R.; Quirino, R. B.; Sobrinho, L. M. M. (2018) Anti-Transformada de Laplace Versus Integral de Convolução na Obtenção de Respostas de Sistemas Lineares – Um Estudo de Caso Didático. XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2018, Salvador, BA, Brasil. Acessado em 22/03/2022 no sítio http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php

Stroet, K.; Opendakker, M.C; Minnaert, A. (2015) Need supportive teaching in practice: a narrative analysis in schools with contrasting educational approaches. *Social Psychology Education Journal*. Acessado em 28/03/2022 no sítio <https://link.springer.com/article/10.1007/s11218-015-9290-1>

Westera, W. (2001) Competences in education: a confusion of tongues. *Journal of Curriculum Studies Research*,33(1),p.75-88.Acessadoem28/03/2022nosítio<http://www.wwestera.nl/publicationspdf/CompetencesWW.pdf>.

Capítulo 11

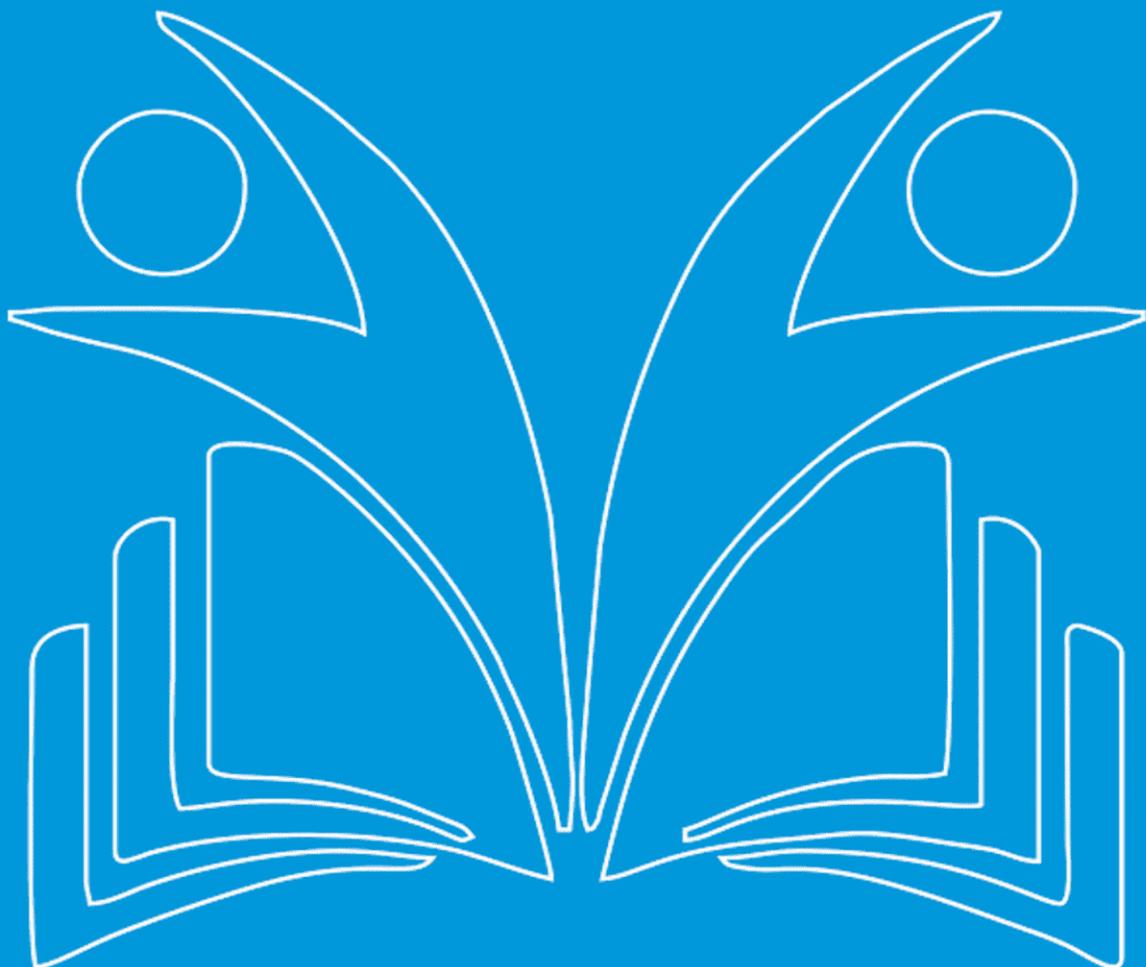


10.37423/220505951

SISTEMAS DE APROVEITAMENTO E CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS APLICADOS NA ARQUITETURA E URBANISMO

Patricia Sousa Marques

*Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em
Projeto e Cidade - FAV/UFG*



Resumo: O uso inteligente da água, que se converte em economia e em um elemento de grande ajuda na preservação da vida, justifica a escolha de estudar os sistemas de aproveitamento e controle de águas pluviais. O objetivo geral é discutir e analisar técnicas de aproveitamento e controle das águas de chuva e sua interface no projeto de arquitetura e urbanismo. Os objetivos específicos são: avaliar a necessidade do aproveitamento e controle dessas águas, investigar o atual cenário e apresentar estes sistemas. A metodologia é composta por: revisão bibliográfica, pesquisas de campo, realização de fotos, croquis, estudos de plantas de implantação e cobertura de projetos, com o dimensionamento do volume de controle, calculando itens como a vazão de antes e depois da ocupação e analisando o melhor posicionamento do volume de controle. Constatou-se que projetos de construções da maioria das cidades brasileiras e da América Latina não demonstram a preocupação em incrementar sistemas de aproveitamento de águas pluviais e não expressam aos olhos de seus usuários este tipo de tecnologia, perdendo assim, a oportunidade de transmitir mensagens sobre educação ambiental. Espera-se que a partir deste estudo seja despertado um olhar mais apurado e incentive o uso desta tecnologia pelo cidadão.

Palavras-chave: *Águas1; Aproveitamento2; Dimensionamento3; Construções4.*

1. INTRODUÇÃO

A falta de sensibilidade tem levado muitos cidadãos a enfrentar enchentes e outros problemas urbanos que se intensificam com a impermeabilização de terrenos particulares e espaços públicos. Apesar deste contexto, há técnicas antigas e atuais sobre a captação e utilização de águas pluviais em diversas partes do planeta.

O manejo e o aproveitamento da água de chuva tem sido uma prática exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. Passando pelo Oriente, Oriente Médio, Europa, e pelos Incas, Maias e Astecas na América Latina, relatos de dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva remontam a sistemas construídos e operados há mais de 2.000 anos. A água da chuva faz parte atualmente da gestão urbana dos recursos hídricos. Vários países da Europa, Ásia, Oceania e da América utilizam água da chuva em residências, indústrias, comércios e irrigação de agriculturas. A literatura técnica internacional tem mostrado a ênfase de muitos países desenvolvidos em programas e pesquisas visando o melhor aproveitamento da água da chuva. Estes trabalhos apresentam experiências na Alemanha, Reino Unido, Japão, Singapura, Hong Kong, China, Indonésia, Tailândia, Índia, Austrália, EUA e muitos outros, além de alguns países da África (GONÇALVES) [1].

O tema abordado levanta questões de boa conduta a favor do equilíbrio ecológico e da conservação de recursos hídricos.

Será dada uma noção para que se entenda essa tecnologia, sua relevância, seus sistemas, possibilidades para adotá-la e informações técnicas importantes.

Técnicas de aproveitamento de águas pluviais e sua interface no projeto de arquitetura e urbanismo, serão averiguadas, discutidas e aplicadas. Justifica-se a escolha deste assunto, devido a busca do uso inteligente da água, que se converte em economia e também em um elemento de grande ajuda a preservação da vida.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral é discutir e analisar técnicas de aproveitamento e controle das águas de chuva e sua interface no projeto de arquitetura e urbanismo. Os objetivos específicos são: avaliar a necessidade do aproveitamento e controle dessas águas, investigar o atual cenário e apresentar estes sistemas.

3. METODOLOGIA

A metodologia é composta por: revisão bibliográfica, pesquisas de campo, realização de fotos, croquis, estudos de plantas de implantação e cobertura de projetos, com o dimensionamento do volume de controle, calculando itens como a vazão de antes e depois da ocupação e analisando o melhor posicionamento do volume de controle.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A NECESSIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Corson [2] atualmente muito países já sofrem com a falta de água. No Oriente Médio, a competição entre árabes e israelitas se intensificou por conflitos relacionados aos suprimentos de água. Disputas similares ocorreram na Ásia, América do Norte e América do Sul. Síria, Líbano e Jordânia competem pelo acesso a água do rio Jordão.

Conforme a professora de Biologia da PUC Goiás Sarah Amado, atualmente pagamos só pelo tratamento da água, mas se a crise hídrica se intensificar, futuramente precisaremos pagar também pela água em si.

A captação e o reaproveitamento de água da chuva são alternativas que minoram os impactos causados pelas ações humanas sobre os recursos hídricos, amenizam os efeitos da poluição nos corpos d'água, reduzem alagamentos e minimizam o desperdício com a substituição deste recurso fornecido pela concessionária de abastecimento.

O projeto de aproveitamento de água da chuva atua no controle de enchentes, oferece água de boa qualidade para suprir a água potável em fins menos nobres como: descargas sanitárias, limpeza de pisos e equipamentos em geral, lavagem de carros, irrigação, resfriamento e sistema de ar condicionado. O aproveitamento da água da chuva captada em praças e amplos edifícios é destinada a recompor a paisagem urbana e alimenta lagos artificiais resultando em melhora do microclima local.

Independente da intensidade das precipitações, o volume de água captado pode ser utilizado em diversas atividades das edificações. Esta tecnologia contribui para controlar inundações, permitir o amortecimento de cheias, abastecer piscinas secas e espelhos d'águas.

Gonçalves [1] destaca que as ações antrópicas impactam os recursos hídricos e para amenizar isto, fontes de abastecimento de água são fundamentais, como: o aproveitamento da água da chuva. A escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas a serviços de

abastecimento público ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água.

Nas nações industrializadas, as reservas de água de superfície e subterrâneas estão sendo poluídas pelo esgoto doméstico e industrial, e por canais de superfície de áreas urbanas e agrícolas contendo nitratos, pesticidas e outras substâncias tóxicas. Vultosas demandas de água a agricultura, aos municípios e as indústrias estão rapidamente destruindo as reservas de lençóis de água em partes da África, Índia, Estados Unidos e em outras áreas (CORSON) [2].

Gonçalves [1] ressalta que o aproveitamento de águas pluviais reduz a erosão causada pela impermeabilização de áreas como coberturas, telhados e pátios, captando-a e armazenando-a. Assim, a água de chuva que escoaria e poderia causar uma enchente, com todo o risco de contaminação dos corpos d'água, está disponível para diferentes usos. Um sistema de água da chuva é um sistema descentralizado e alternativo de suprimento de água visando reduzir a demanda e o consumo de água potável.

Aproveitar águas pluviais diminui o uso da rede de água municipal, aumentando a eficiência hídrica de um empreendimento, seja ele residencial, comercial ou industrial. A aquisição desta tecnologia é um investimento que gera retorno financeiro e valoriza o imóvel onde é instalada.

4.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No cenário atual as demandas por armazenamento de água de chuva sugerem que as práticas de manejo resultem além da ferramenta de mitigação de enchentes, mas também de eficiência do uso da água e de controle da poluição difusa. A cidade de Chicago tem respondido com soluções engenhosas aos problemas de drenagem e inundações, desde a segunda metade do século XIX e século XX. Depois que um surto de cólera, tifo e disenteria contraídos em um manancial contaminado, dizimou 12% da população da cidade em 1885, Chicago estabeleceu o Distrito Sanitário Metropolitano da Grande Chicago, que durante um século de atuação coordenou o sistema de controle de enchentes, drenagem e tratamento de esgotos (TRINDADE; SANT'ANNA; ROMÉRO) [3].

Assim, esta urbe possui um sistema combinado de águas pluviais, esgotos e usa bacias de contenção localizadas em várzeas, para armazenar as águas de chuvas antes que elas atinjam os esgotos, junto com um extenso sistema de profundos túneis para estocar o transbordamento do sistema de esgotos, antes que esse possa ser tratado.

Atualmente, as técnicas de aproveitamento de água de chuva fazem parte da gestão urbana dos recursos hídricos, com experiências comprovadas em diversos países da Europa, Ásia, Oceania, América e alguns países da África. Paradoxalmente aos relatos da história da antiguidade, na atualidade muitos países promoveram o armazenamento da água de chuva, objetivando inicialmente a sua retenção para controle de cheias e inundações, ou para mitigar a falta de um abastecimento regular de água. Posteriormente seu uso foi sendo estendido para os mais diversos fins. No Japão, há experiências da sua utilização em edifícios para descarga de sanitários, sistema de ar condicionado e rega de plantas. Na Alemanha, o aproveitamento da água captada em praças e grandes edifícios, é destinada a recompor a paisagem urbana alimentando lagos artificiais para melhorias do microclima, e é utilizada também na descarga de sanitários (GONÇALVES) [1].

De acordo com Trindade, Sant`anna e Roméro [3] *apud* Fendrich e Oliynik [4] no Japão, o Grupo Pingos de Chuva editou um manual que visa difundir a vasta experiência japonesa nas técnicas de armazenamento de água de chuva. Os reservatórios, denominados Tensuison, que significa “respeito à abençoada água da chuva”, são apoiados ao chão, e a água armazenada é usada para irrigação de plantas, no combate a incêndios e como alternativa nas estiagens.

A precariedade dos sistemas de saneamento no Brasil e o seu baixo acesso pela população de baixa renda, principalmente a população rural, incentivou o Projeto SAMSPAR – Saneamento Ambiental, Sustentabilidade e Permacultura em Assentamento Rurais a buscar soluções alternativas para garantir melhores condições de vida a população, aliadas a preservação do meio ambiente e a possibilidade de geração de trabalho e renda, priorizando a sustentabilidade em suas múltiplas dimensões (SIQUEIRA; FOLZ; TEIXEIRA) [5]. O Projeto SAMSPAR realizou diversos trabalhos, como projeto de um reservatório para armazenamento de águas pluviais e a construção de duas unidades no Assentamento Rural Sepé Tiaraju, Serra Azul, São Paulo, com a participação dos moradores envolvidos.

4.3 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Um sistema de aproveitamento de água da chuva, segundo Gonçalves [1] possui características próprias e individualizadas e atende ao princípio do saneamento ecológico, sendo a essência independente de um sistema centralizado.

De maneira geral, e principalmente nas áreas urbanas, deve-se direcionar o uso da água da chuva para fins não potáveis, como lavagem de roupas, descarga de sanitários, rega de jardins, lavagem de pisos e automóveis, podendo inclusive ser aproveitada pela indústria. Independente do sistema de

aproveitamento ser pequeno ou grande, ele é composto por: área de captação, tubulações para condução da água, telas ou filtros para a remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos e reservatório de armazenamento (cisterna) (GONÇALVES) [1].

Dependendo do uso que será dado à água coletada, pode-se ainda incluir como componentes de um sistema, o tratamento da água (filtração e desinfecção).

A Figura 1 apresenta esquemas do aproveitamento da água em três configurações distintas: a) telhado; b) área impermeabilizada e c) telhado e pátio.

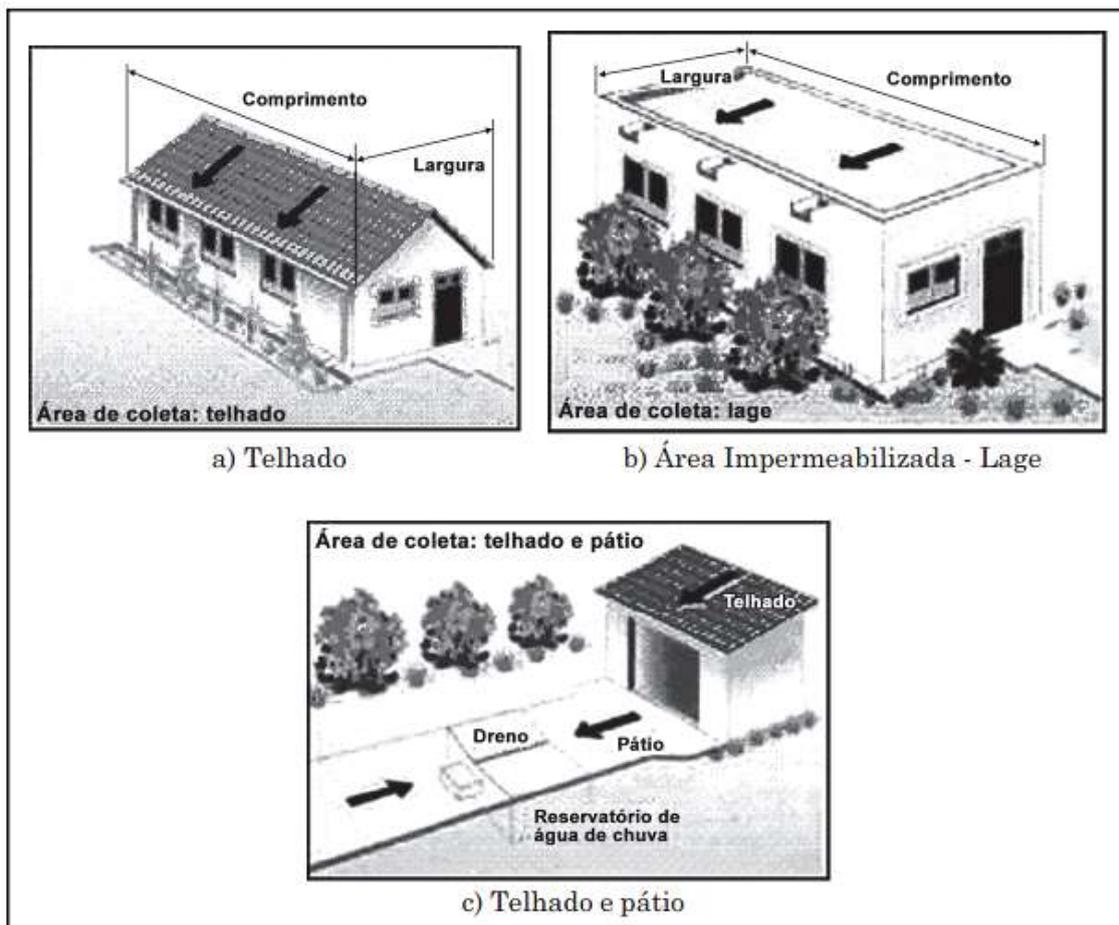


Figura 1 – Áreas de captação de água de chuva [6].

Segundo a necessidade ou disponibilidade, no mercado existem diferentes concepções de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Herrmann e Schmida [6] destacam quatro formas construtivas destes sistemas (Figura 2):

(a) Sistema de fluxo total: toda a chuva coletada pela superfície de captação é dirigida ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O escoamento para o sistema de drenagem ocorre quando o reservatório está cheio (Figura 2).

(b) Sistema com derivação: neste caso, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante (Figura 2). Em muitos casos instala-se um filtro ou tela na derivação. A água que extravasa do reservatório é encaminhada ao sistema de drenagem.

(c) Sistema com volume adicional de retenção: o reservatório de armazenamento é capaz de armazenar um volume adicional, garantindo o suprimento da demanda e a retenção de água com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem (Figura 2).

(d) Sistema com infiltração no solo: o volume de água que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração no solo (Figura 2).

A exemplo dos tipos de sistemas configurados em a e c, toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou tela. Para os autores Herrmann e Schmida [6], os sistemas a e c são mais eficientes quando se objetiva a retenção do pico de chuva.

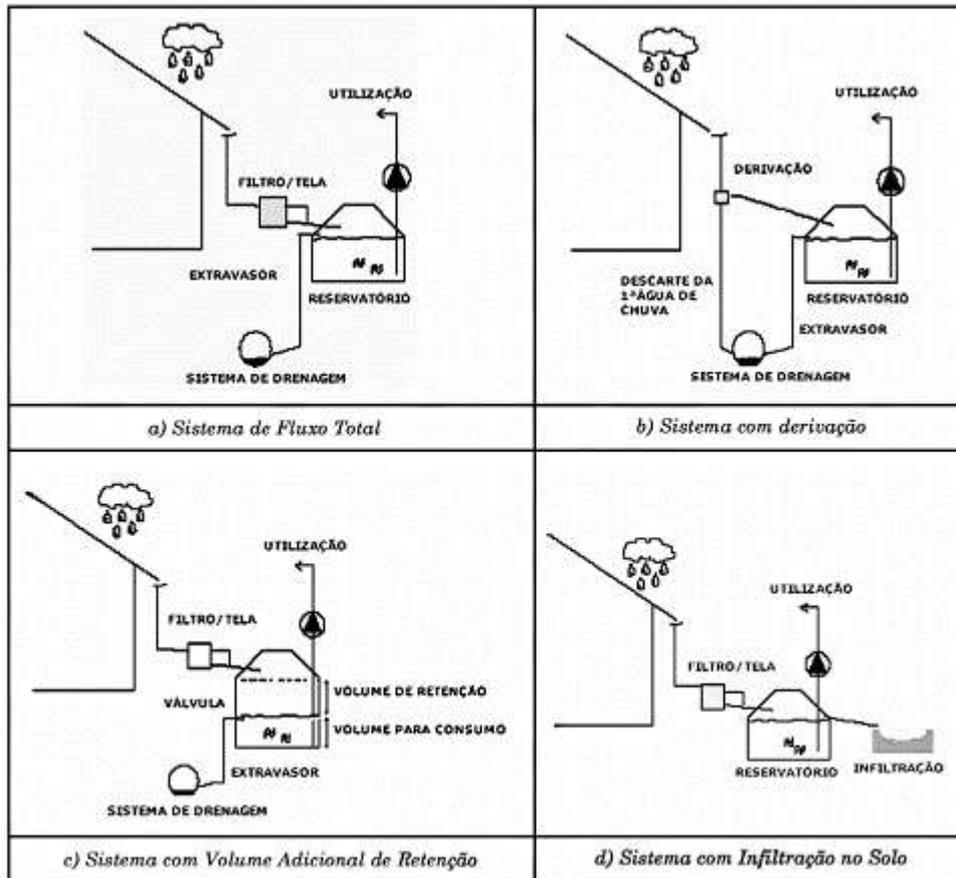


Figura 2 – Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva [6].

O Parque Experimental do Núcleo Água da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES foi constituído por um sistema de coleta, tratamento simplificado e armazenamento da água pluvial. A Figura 3, representa este sistema, composto pelo telhado metálico, calha em PVC, filtro autolimpante, reservatório de eliminação de primeira água de chuva, medidor de vazão, tela de nylon e reservatório de armazenamento final.



Figura 3 – Sistema de coleta, tratamento simplificado e armazenamento da água de chuva da UFES [6].

Gonçalves [1], também demonstra um esquema de sistema de aproveitamento de água pluvial, indicando um tanque para descartar a primeira água e um reservatório onde ela estará mais limpa (Figura 4).



Figura 4 – Água de chuva encaminhada para filtro de areia e reservação em cisterna [1].

Serão expostas a seguir, algumas propostas de medidas estruturais que foram implementadas no controle de drenagem do Condomínio Alto da Boa Vista, Goiânia-GO. Arantes e Campos [7], expressam que croquis e fotos ilustrativas auxiliaram a definição dos projetos executivos, conforme indicam as Figuras 5 e 6.

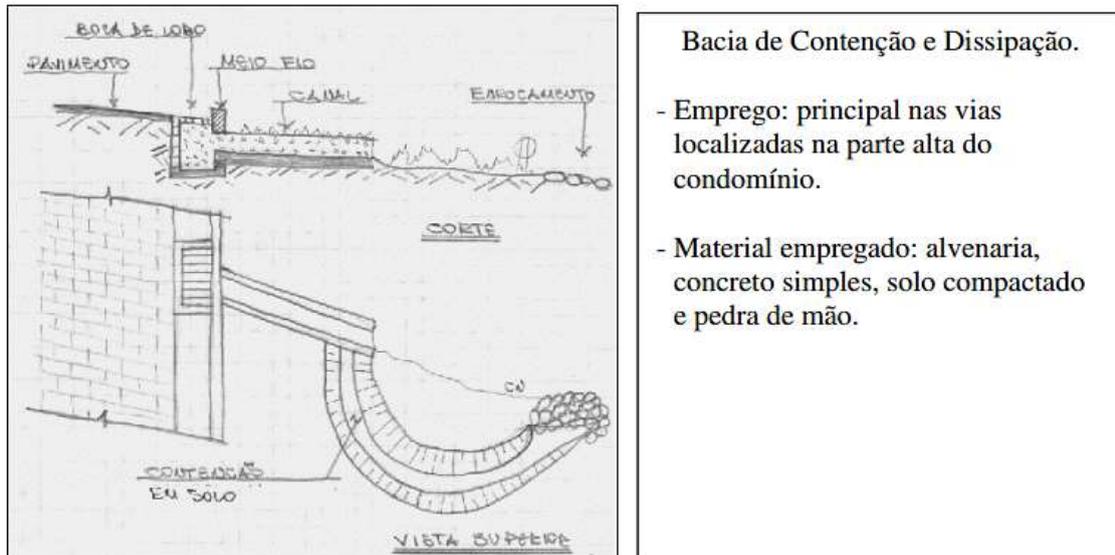


Figura 5 – Detalhe A - Bacia de Contenção e Dissipação [7].



Figura 6 – Conforme representa a maquete, na via que separa a parte alta do condomínio com a reserva florestal foi empregada a proposta do detalhe A [7].

Ao passar pelo sistema de aproveitamento, a água pluvial irá atender aos parâmetros das Tabelas 1, 2 e 3, apresentadas adiante:

Tabela 1 – Variação da qualidade da água da chuva devido à área de coleta [8].

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas e animais)	Se a água for purificada pode ser consumida
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Usos não potáveis
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento
D	Estradas	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento

Segundo o Group Raindrops [8], deve-se levar em conta estes requisitos de qualidade dependendo das aplicações, como observado nas Tabelas 1 e 2. Assim, como é importante se atentar às técnicas de tratamento da água da chuva em função dos locais de coleta e armazenamento, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2 – Diferentes qualidades de água para diferentes aplicações [8].

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Tabela 3 – Técnicas de tratamento da água da chuva em função da localização [9].

Técnicas de tratamento		
Método	Local	Resultado
Telas e grades	Calhas e tubo de queda	Previne entrada de folhas e galhos no sistema
Sedimentação	No reservatório	Sedimenta matéria particulada
Filtração		
Na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osiose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
Desinfecção		
Fervura/destilação	Antes do uso	Elimina microorganismos
Tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou no bombeamento (líquido, tablete/pastilha ou granulado)	Elimina microorganismos
Radiação ultravioleta	Sistemas de luz ultravioleta devem estar localizados após passagem por filtro	Elimina microorganismos
	Antes da torneira	Elimina microorganismos
Ozonização		Elimina microorganismos

5. APLICAÇÃO EM PROJETO ACADÊMICO ARQUITETÔNICO E URBANÍSTICO

5.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O Trabalho de Conclusão de Curso I, projetado e intitulado Conexão, por Patricia Sousa Marques, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade da Faculdade de Artes Visuais da Universidade Federal de Goiás e ex-aluna da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, foi feito para o bairro Jardim Nova Esperança em Goiânia – GO (Figura 7).



Figura 7 – Projeto Conexão [Arquivo pessoal, 2020].

A Conexão é a vinculação da rua entre dois pontos, o lugar da cultura estabelecido no início do bairro e o lugar do esporte ao final dele. Trata-se de uma interligação de dois terrenos baldios, por meio da avenida Central que requer um cuidado especial em seu urbanismo e infraestrutura. Para receber a aplicação da tecnologia de aproveitamento de águas pluviais, foi escolhido o terreno onde será o lugar do esporte, onde haverá um volume de controle em sua parte com maior declividade e que está mais próximo ao Córrego Caveiras.

5.2. DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DE CONTROLE

Analisando a planta de implantação e cobertura do lugar do esporte. O primeiro passo é calcular a vazão natural antes de existir uma ocupação, por meio da fórmula:

$$Q_{ao} = C_{ao} \times i \times A \quad (1)$$

Q_{ao} = Vazão antes da ocupação;

C_{ao} = Coeficiente de escoamento;

i = Intensidade da chuva;

A = Área de drenagem referente a área total do terreno antes da ocupação.

Em seguida, é necessário utilizar o mesmo cálculo, mas para a vazão depois da ocupação, por meio da fórmula:

$$Q_{do} = C_{do} \times i \times A \quad (2)$$

Q_{do} = Vazão depois da ocupação;

C_{do} = Coeficiente de escoamento;

i = Intensidade da chuva;

A = Área de drenagem referente a área total do terreno depois da ocupação.

Aplicação:

Foi escolhida a área do Esporte do Projeto Conexão, para receber a aplicação deste cálculo com relação a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais.

Assim, inicialmente calcula-se a vazão antes da ocupação:

$$Q_{ao} = C_{ao} \times i \times A$$

$i = 2 \text{ (mm) / min.}$ (Intensidade da chuva referente a cidade de Goiânia - GO)

$C_{ao} = 0,1$ (coeficiente de escoamento superficial antes da ocupação)

$$A = 10.117 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_{ao} = C_{ao} \times i \times A$$

$$Q_{ao} = 0,1 \times 2 \times 10.117 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_{ao} = 2.023 \text{ l / min.}$$

Vazão depois da ocupação:

$$Q_{do} = C_{do} \times i \times A$$

$C_{do} = 1,0$ (coeficiente de escoamento superficial depois da ocupação)

$i = 2 \text{ (mm) / min.}$

$$A = 10.117 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_{do} = C_{do} \times i \times A$$

$$Q_{do} = 1,0 \times 2 \times 10.117 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_{do} = 20.234 \text{ l / min.}$$

Volume de controle (Vc):

$$Vc = Qdo \times td \times (1 - Qao / Qdo) \quad (3)$$

$$Vc = 20.234 \text{ l / min.} \times 5 \text{ min.} \times (1 - 2.023 / 20.234)$$

$$Vc = 91,055 \text{ l / 1000}$$

$$Vc = 91,055 \text{ l}$$

$$Vc = 92 \text{ (m}^3\text{)}$$

$Vc = A \times p$, do qual p (corresponde à profundidade de alagamento)

$$92 = A \times 20 \text{ (cm)} / 100$$

$$A = 460 \text{ (m}^2\text{)}$$

Considerando que as águas pluviais escorrem naturalmente por gravidade em direção ao Córrego Caveiras e descem perpendicularmente as curvas de níveis, será posicionado o volume de controle na parte mais baixa do terreno.

O volume de controle é um poço de retenção, que possui profundidade adequada para receber a contribuição de águas pluviais resultantes ou se manter em seu nível normal, conforme a Figura 8. Além disso, o volume de controle pode ser um espelho d'água, um recurso arquitetônico com efeito estético adotado em jardins e edifícios para refletir o ambiente a sua volta e proporcionar tranquilidade e sensação de frescor em cidades quentes e secas.

Espelho d'água:

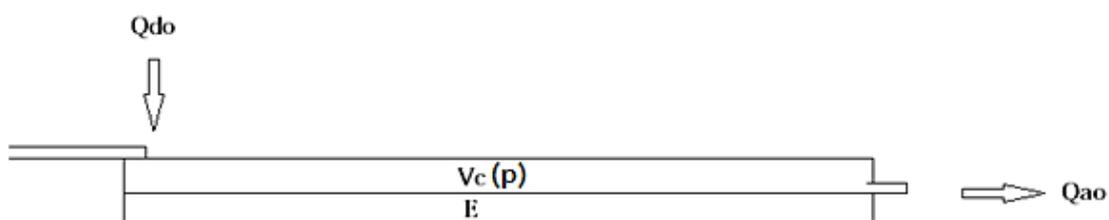


Figura 8 – Espelho d'água aplicado no terreno do edifício esportivo estudado [Arquivo pessoal, 2020].

6. CONCLUSÕES

Pequenas ações antrópicas com caráter de poupar recursos hídricos contribuem, é compensável adotar o aproveitamento e controle de águas pluviais, pois atribuirá eficiência a construção e trará benefícios a sociedade e ao meio.

Através de aplicações em projetos profissionais e acadêmicos, o valor desse procedimento para os vários aspectos da vida e da sustentabilidade foi intensificado.

O recurso água possui uma gama de significados, expressa vida, paz e energia. A sobrevivência das espécies e o desenvolvimento tecnológico dependem desta.

Discutiu-se e analisou-se técnicas de aproveitamento e controle das águas de chuva e sua interface em projetos, avaliando sua necessidade, investigando o atual cenário e apresentando estes sistemas. Recomenda-se assim, que hajam trabalhos futuros com temas envolvendo enchentes, alagamentos, enxurradas, seus efeitos nas construções e cidades, a importância das áreas permeáveis e medidas para prevenirem doenças e problemas urbanos.

A principal fonte que mantém a vida é a água, tanto é que cientistas buscam encontrá-la em outros planetas que poderiam ser pontos de apoio para a Terra. Almeja-se que este estudo desperte um olhar mais apurado e incentive o uso desta tecnologia por parte de profissionais e do cidadão comum.

REFERÊNCIAS

- [1] GONÇALVES, R. F. (Coord). *Uso Racional da Água em Edificações*. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- [2] CORSON, W. H. *Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. 2. ed. São Paulo: Augustus, 1996.
- [3] TRINDADE, T. R.; SANT`ANNA; D. O.; ROMÉRO, M. de A. *Práticas e Críticas sobre Manejo de Águas Pluviais em Macrobasias e Microbasias na Região Metropolitana de São Paulo. Megaeventos e sustentabilidade: legados tecnológicos em arquitetura, urbanismo e design*. São Paulo: NUTAU-USP, 2014. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/trindade_tanar_e_ornaghi.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2020.
- [4] FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. *Manual de Utilização das Águas Pluviais – 100 Maneiras Práticas*. 1. ed. Curitiba: Livraria do Chain, 2002.
- [5] SIQUEIRA, T. M. de; FOLZ, R. R; TEIXEIRA, B. A. N. *Projeto e construção de reservatório para armazenamento de águas pluviais em propriedades rurais. Projeto SAMSPAR – Assentamento Rural SepéTiaraju, SP, Brasil. Vitória, 2011*. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wpcontent/uploads/anais/2011/2011_artigo_129.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2017.
- [6] HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. Hannover: Elsevier, 1999.
- [7] ARANTES, G. A. L. L.; CAMPOS, C. V. *Relatório técnico de drenagem pluvial do condomínio Alto da Boa Vista*. Goiânia, GO, 2000.
- [8] GROUP RAINDROPS. *Rainwater and you: 100 ways to use rainwater*. Tóquio: Group Raindrops, 1995.
- [9] TODD, W. P., AIA; VITTORI, G. *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. 2. ed. Austin: Conservation, Texas Water Development Board, 1997.

Capítulo 12



10.37423/220505952

THERMAL ACTIVATION OF BRAZILIAN SMECTITE CLAY (PRIMAVERA) AND ITS APPLICATION FOR THE REMOVAL OF CADMIUM FROM AQUEOUS SOLUTION

Marta Ligia Pereira da Silva

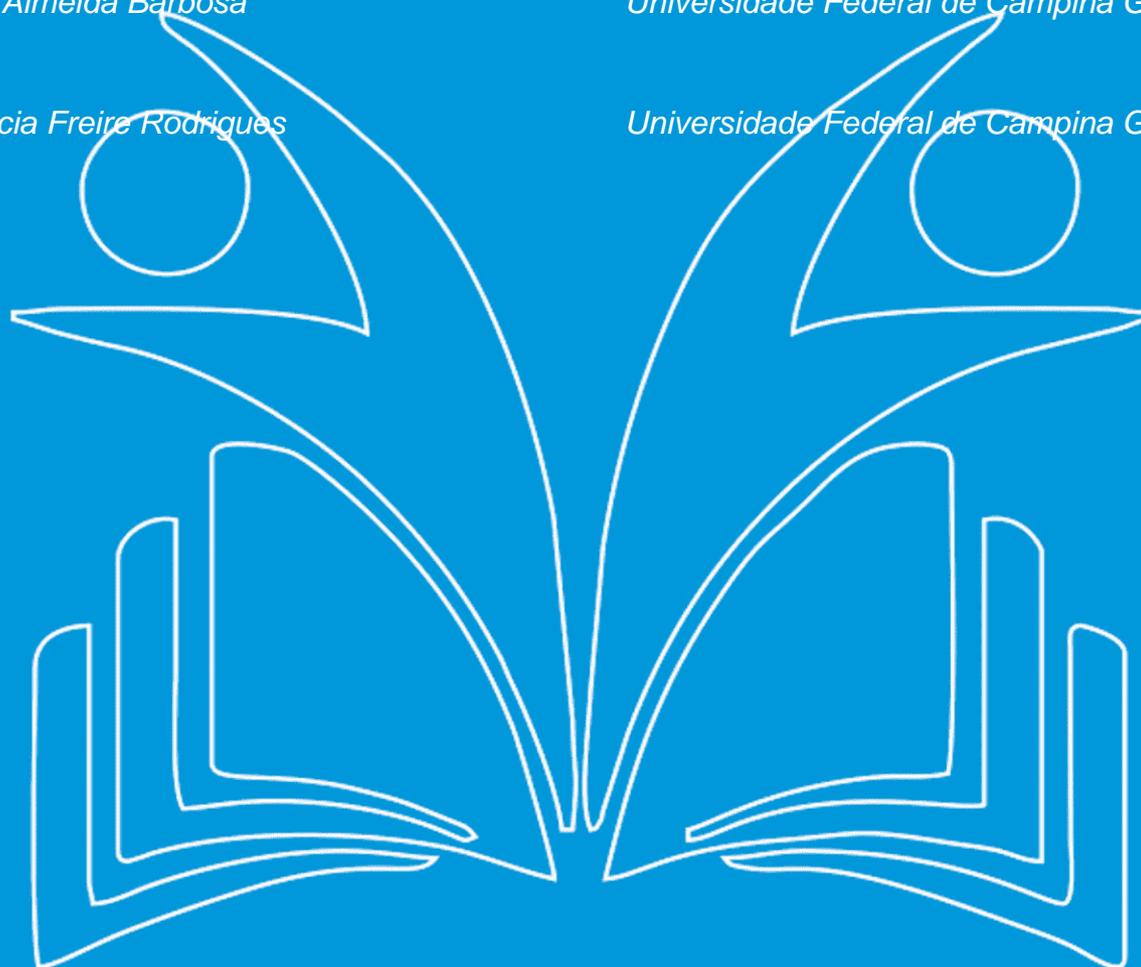
Universidade Federal Rural do Semi Árido

Tellys Lins Almeida Barbosa

Universidade Federal de Campina Grande

Meiry Gláucia Freire Rodrigues

Universidade Federal de Campina Grande



Resumo: Soluções regionais para limpeza de água podem ser críticas para enfrentar os desafios de água. A argila Primavera brasileira é de baixo custo, abundante e um material não testado que tem potencial para ser usado para limpeza de água. O objetivo do presente trabalho foi ativar e caracterizar termicamente a argila brasileira e então determinar o potencial de remoção de Cd^{2+} de uma solução aquosa. A argila primavera foi termicamente ativada a 300°C e caracterizada por difração de raios X, espectroscopia de energia dispersiva de raios X e adsorção de N_2 . O equilíbrio de sorção foi determinado usando as seguintes condições experimentais: pH constante 4,5, 5 h e 27°C . Modelos de isotermas de Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich e Temkin foram aplicados para determinar a eficiência da argila utilizada como adsorvente. A cinética de adsorção foi analisada usando o modelo cinético de pseudo-segunda ordem. Neste estudo, os resultados revelaram que, embora o tratamento térmico não tenha causado alterações profundas na estrutura da argila (esmectita) e na área superficial ($78 \text{ m}^2/\text{g}$), uma constante cinética de pseudo-segunda ordem de $0,5563 \text{ mg/g/min}$ foi encontrado para a remoção de cádmio. Os modelos matemáticos de Langmuir e Temkin mostraram um melhor ajuste aos dados experimentais. Uma alta afinidade entre o cádmio e a argila Primavera ativada termicamente foi encontrada até 88% com eficiências de remoção.

Palavras-chave: Argila Primavera, argila termicamente ativada, sorção cádmio, Isothermas, Cinética

1 INTRODUCTION

Every year, industrial production of chemical products contributes to large amounts of waste with high contents of heavy-metals. Most of the heavy metals are toxic, mutagenic, and carcinogenic. As the concentration of heavy metals in waste varies widely and can exceed the limit of acceptance of the environment and current legislation, metal waste represents a severe threat to human and animal health and needs treatment (McBride, 1994; Staessen et al., 1999; Ahmaruzzaman, 2011; Singh et al., 2018; Otunola; Ololade, 2020).

The removal of heavy metals from industrial effluents can be achieved by using several processes, such as chemical precipitation, adsorption on activated carbon, ultra-filtration, reverse osmosis, ion exchange, among others. However, the adsorption process has become the preferred method for removing heavy metals (Bolisetty et al., 2020; Burakov et al., 2018)

Several studies around the world have been conducted over the last two decades about the power to use various materials as adsorbents; in their natural form or after some modification in their properties (Uddin, 2017). In Brazil; due to the abundance of low-cost minerals; countless studies have been conducted in search of efficient and economically viable processes using these materials. Some of these studies were conducted with clay minerals from the state of Paraíba. This region presents a diversity of these clay minerals with proven capability to remove lead, Zinc and Cadmium (Silva et al., 2009; Rodrigues et al., 2004; Mota et al., 2014; Silva et al., 2015; Souza et al., 2014; Mota et al., 2018; Cunha et al., 2014; Mota et al., 2020) all with more than 80% efficiency.

The surface properties of clays are significantly altered by heat treatment. The heat treatment causes the redistribution of hydrated cationic species in the interlayer clay and dehydroxylation of the silanol and aluminol clay groups (España et al., 2019). Consequently, the electronegativity of the clay surface can be modified, thereby affecting the interaction of the material with the contaminating agent. Thermal activation involves heating the clays to the desired temperature, typically ranged between 200°C to 1000°C and plateauing for a specified period. It has been shown that the thermal activation of clay significantly impacts the distribution of hydrated species on the surface and in the main reactive sites, therefore, affecting various surface reactions, including adsorption (Yuan et al., 2006; Gil et al., 2013).

According to some studies (Stefanova, 2001; Akar et al., 2009), the thermally modified clays are efficient for removing metal ions from the aqueous medium. Since water cleaning is one of the

significant challenges worldwide, the use of cheap, ecofriendly, and local materials could be critical to improving water quality in the future.

The adsorption capacity for clays reduces with temperature (Trg et al, 2006), but it is interesting to investigate such behavior when the cation is present in monodi or trisolute conditions.

Therefore, the objective of the present work was to thermally activate and characterize the Brazilian clay and then determine the potential for removing Cd^{2+} from an aqueous stream by sorption. The present work represents a valuable platform for the development of material preparation (thermally activate clay) for future application of the adsorbent in pellets, that would be mechanically more resistant, or avoid the possible flooding of the treatment columns due to the particle size of the materials.

2 MATERIALS AND METHODS

MATERIALS

The Brazilian Primavera clay was kindly supplied by Dolomil, located in the city of Campina Grande/PB (Brazil). Cadmium Nitrate tetrahydrate [$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] was supplied by Merck.

THERMAL ACTIVATION

Firstly, the clay was sieved using a Brazilian ABNT standard Mesh 200 (0.074 mm) sieve. Then the sieve clay was thermally treated using a temperature-controlled muffle. The samples were submitted to the following heat treatment: heating from room temperature until 300°C with a controlled heating rate of 5°C/min and then 24 h of soaking time. The thermal treatment of the clay was carried out in order to increase its mechanical strength and eliminate some impurities. The temperature of 300°C was selected according to previous work (Silva, 2008).

CHARACTERIZATION

X-ray diffraction analysis of samples was performed using a diffractometer Shimadzu XRD 6000m, (Kyoto, Japan) with Copper $\text{K}\alpha$ radiation, operated at 30 mA and 40 KV, with a goniometer velocity of 2 °/min and a step of 0.02 ° in the range of 2θ scanning from 2 ° to 70 °. Chemical composition was determined by Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) using an X-ray Energy Dispersion Spectrophotometer (Shimadzu EDX-700, Kyoto, Japan). Nitrogen adsorption: The textural characteristics of the analyzed samples were investigated by isothermal gas adsorption/desorption of N_2 at 77 K using a Micrometrics ASAP 2020 equipment.

BATCH SORPTION EXPERIMENTS

Heavy metal sorption kinetics and isotherms were acquired in batch experiments with constant stirring (Tien,1994).

STUDIES KINETICS

Kinetic studies for cadmium adsorption were performed by using concentration 20 mg/L. pH was adjusted to 4.5, and 1.0 g of clay was used in each batch. The kinetic test was performed using a finite bath system, in which the pH, agitation, and concentration conditions were determined by the finite bath test that provided the best removal efficiency of cadmium using this clay. The experiment consisted of keeping two 1000 mL beakers of a mixture at a ratio of 1/100 clay mass/volume of cadmium nitrate solution, under constant stirring, at room temperature. In order to study the removal kinetics, solution aliquots (2 mL) were collected at the following time points 1, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 min, to obtain the time-course for the cadmium concentration, to determine the equilibrium time. After specific time points, the solution aliquots were withdrawn and filtered, after which the filtrate was evaluated using Atomic Absorption Spectrometry (Perkin Elmer AA Analyst 200) (Vasconcelos, 2013).

The removal percentage of heavy metal at equilibrium (q_{eq}) were calculated using Equation 1:

$$\%Rem = \frac{(C_0 - C_{eq})}{C_0} \quad (\text{Eq. 1})$$

Where Rem is the total metal (Cd) removal percentage, C_0 the initial concentration (mg/L), C_{eq} is the equilibrium concentration (mg/L).

The adsorption capacity of heavy metal at equilibrium (q_{eq}) were calculated using Equation 2:

$$q_{eq} = \frac{V}{m}(C_0 - C_{eq}) \quad (\text{Eq. 2})$$

Where q_{eq} is the capacity to remove cadmium at equilibrium (mg of cadmium/g of adsorbent), V is the adsorbate volume (mg/L), and m the mass of adsorbent (g).

SORPTION ISOTHERMS

The experiments were carried out simultaneously by placing five 125 ml Erlenmeyer flasks containing 100 ml cadmium nitrate solution within the concentration range of 20 - 200 mg/L, in contact with 1.0

g clay and keeping them under stirring of 225 rpm and pH-controlled at 4.5 at a temperature of 27 °C for 5 h to ensure that the system reached equilibrium. To control the pH, whenever necessary, 0.1 M hydrochloric acid and/or sodium hydroxide was added. When the predetermined experimental time was achieved, the mixtures were filtered, and the filtrate was analyzed for its residual Cd²⁺ ion concentration. The filtrate was evaluated using Atomic Absorption Spectrometry (Perkin Elmer AA Analyst 200) measurements (Vasconcelos, 2013).

3 RESULTS AND DISCUSSION

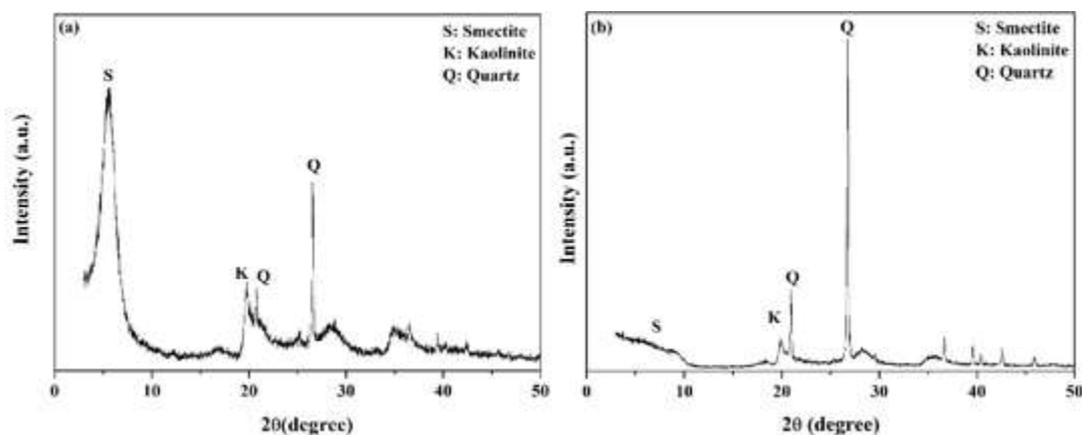
The XRD diffraction patterns of the raw Primavera clay and the thermally activated clay samples are presented in Figure 1. Analyzing the raw clay diffractogram (Figure 1a) it is possible to observe the characteristic peak corresponding to the clay mineral smectite ($d=1.55$ nm) at 6.5° . The presence of other peaks was also noted at the characteristic interplanar distance of $d=0.426$ nm $d=0.335$ nm (20.86° and 26.64°), which suggests the presence of quartz as an impurity (Hajjaji et al., 2001; Torres, 1997; Volzone; Césio,1997)

The most common method to physically modify a ceramic material is through thermal treatment. The structure and composition of clay minerals can be modified by heating at high temperature (Hussin et al., 2011). On heating, all clay minerals pass through a temperature range in which they are dehydrated to various degrees. In the upper region of this temperature range dehydration and dehydroxylation may overlap. Dehydration causes changes that can be controlled and utilized (Heller-Kallai; Bergaya, 2006).

As presented in Figure 1 b, the peak equivalent to the clay mineral smectite decreases in intensity and increases the width while maintaining its position after heating from 25 °C to 300 °C. The position of the smectite peak shifted to the right, and the d value increased from 1.55 to 1.70 nm after thermal treatment. This result indicates a partial breakdown of the crystalline structure (Rezende; Pinto, 2016). In soil science, the swelling and collapsing behavior resulting from the hydration and dehydration process is the underlying mechanism of numerous problems. This behavior is related to the shrinkage effect, which can generate additional preferential pathways for water/contaminant transfer (Ferrage, 2016). Normally there are three forms of water in smectite interlayers including adsorbed water, hydrate water, and constitution water (Mercurio, 2018).

Moreover, the quartz impurity persisted in all clays as evidenced by the reflections at $2\theta = 20.86$ and $2\theta = 26.64^\circ$ in the XRD patterns.

Figure 1 - X-ray diffraction patterns of Primavera clay (a) thermally activated Primavera clay (b) 300 °C [S-Smectite (pdf 00-013-0135); K-Kaolinite (pdf 01-078-2315)]



The results of the chemical analyses obtained for the clay and the thermally activated clay are presented in Table 1.

Table 1 - Chemical composition (wt.%) of samples

Samples	Primavera Clay	Thermally Activated Primavera Clay 300 °C
SiO ₂	58.32	59.68
Al ₂ O ₃	23.76	22.64
Fe ₂ O ₃	11.89	11.59
MgO	2.68	2.81
K ₂ O	0.47	0.45
CaO	1.71	1.64
Total	98.83	98.81

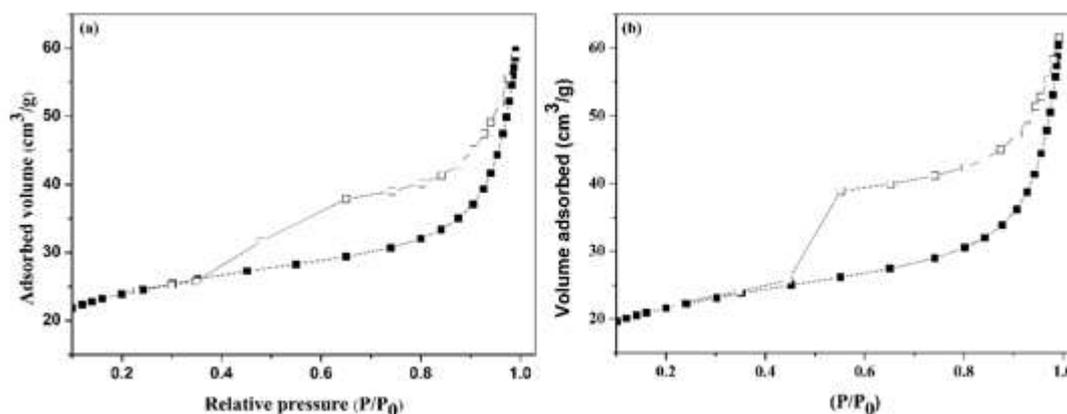
Table 1 shows the results of the raw clay and the heat-treated clay obtained by XRF-ED. In both, significant values of SiO₂ and Al₂O₃ as oxides are found. These oxides are correlated to the silica tetrahedral sheet and the alumina octahedral sheet, which are basic units that form a smectite structure. A high percentage of Fe₂O₃ (11.89% and 11.59%) were also observed and MgO values (2.68% to 2.81%) were identified. Fe₂O₃ and MgO may be related to isomorphous substitutions of Al³⁺ for Fe³⁺, Fe₂₊ and Mg₂₊ in the octahedral sheets of smectites (Souza Santos, 1992). CaO and K₂O are present in small amounts and are associated with smectite interlayer space cations (usually Na⁺, K⁺, Ca²⁺, and

Mg²⁺) that balance the negative 2:1 charge of the layer caused by isomorphous substitution in the crystalline structure.

Additionally, comparing the composition of both samples, only slight differences were observed. Thus, the thermal treatment did not significantly alter the composition of the activated Primavera clay. The chemical compounds and the respective composition are similar to the values presented by authors (Rodrigues, 2003; Leite et al., 2008).

The N₂ adsorption isotherms, at the liquid N₂ temperature, for the samples are presented in Fig. 2.

Figure 2 - (a) The adsorption and desorption isotherms of N₂ at liquid nitrogen of the Primavera clay and (b) the thermally activated Primavera clay (300 °C).



Nitrogen adsorption–desorption experiments are utilized to obtain further information on the specific surface area of particles, resulting in the stacking of several individual sheets and also on the pore size distribution of the sample.

According to Brunauer, the classification of these isotherms (the adsorption isotherms of raw clay and thermally activated clay) is similar to Type II (Rouquerol, 1999; Brunauer 1938; Groen et al., 2003; Sdiri et al., 2014; Le Forestier et al., 2010; Michot and Villieéras 2002; Neaman et al., 2003; Marrocchi et al., 2005; Perronnet et al., 2007; Sing et al., 1985) with a hysteresis loop, originating from the capillary condensation of liquid nitrogen in mesopores. The low pressure region ($P/P_0 < 0.40$) represents the filling of micropores, and the completion of the first monolayer on external particle faces which is followed by the multilayer adsorption. In the relatively high pressure region ($P/P_0 > 0.40$), the shape of the hysteresis loop corresponding to the filling of the mesoporosity is typical of type H3 with any limiting adsorption taking place at high P/P_0 , which has been observed with aggregates of plate-like particles giving rise to slit-shaped pores.

The value of thermally activated products depend on the calcination temperature and on the heating period as well (Nones et al., 2015). Pore structure of clays is an important characteristic of these products in determining both their chemical and physical interactions on with their surroundings. Most chemical reactions in clays take place at the surface of pores. The interpretation of physical properties requires data on the pore structure parameters (Zivica and Palou 2015)

The specific surface area (S_{BET}) values of raw Primavera clay and thermally activated clay decrease with temperature increase and 24 h treatment (Table 2) following a similar behaviour found by authors (Bojemueller et al., 2001) for a Wyoming bentonite and their thermally treated products and for Argentine bentonite sample and their thermally treated products (Torres et al., 2011).

Table 2 - Textural analysis of the raw Primavera clay and thermally activated Primavera clay

Clay	S_{BET} (m^2/g)	A_{ext} (m^2/g)	V_t (cm^3/g)	V_{micro} (cm^3/g)	V_{meso} (cm^3/g)
Raw	80	47	0.0541	0.0178	0.0129
300 °C	78	53	0.0558	0.0129	0.0429

These values 80 and 78 m^2/g are lower than 103 m^2/g which were found by author (Rodrigues, 2003), for the red clay and these values are in agreement with the values found by the author (Nones et al., 2015). The thermal activation of Brasgel clay in a range of 100 to 500 °C was studied. Values of 73 m^2/g were found for raw Brasgel and 75 m^2/g for calcined Brasgel (300 °C) (Vasconcelos, 2013).

Moreover, the specific surface area results reveal that there is a slight decrease from the natural clay to the thermally activated clay. The difference could be attributed to the loss of structural water. Thus, considering the small difference between the specific area, it is concluded that the temperature used was not enough to increase the specific surface area.

EQUILIBRIUM STUDIES

The equilibrium data of cadmium adsorption was studied using the isotherm models of Langmuir, Freundlich, Temkin, e Dubinin-Radushkevich, employing linear as well as non- linear forms, in order to determine the correlation between the solid phase and aqueous concentrations at equilibrium. The linearized and nonlinear forms of Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich and Temkin adsorption isotherms are given in Table 3.

Table 3 - Equilibrium Isotherms: Linear and Non-Linear Forms

Isotherms	Linear Form	Non-Linear Form
Langmuir	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{max} * K_L} * \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{max}}$	$q_e = \frac{q_{max} * K_L * C_e}{1 + K_L * C_e}$
Freundlich	$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$	$q_e = K_f * (C_e)^{\frac{1}{n}}$
Dubinin-Radushkevich	$\ln q_e = \ln q_s - B\varepsilon^2$	$q_e = q_s \exp(-B\varepsilon^2)$
Temkin	$q_e = \frac{RT}{b} \ln(C_e) + \frac{RT}{b} \ln(k_T)$	$q_e = \frac{RT}{b} \ln(k_T C_e)$

The parameters of the equations in the linearized and nonlinear forms mentioned in the Table 4 were adjusted using linear and nonlinear curve fitting in OriginPro, Version 2020 (OriginLab Corporation, Northampton MA, USA), and are given in Table 4.

Table 4 - Linear and nonlinear parameters of isothermal models for sorption of Cd²⁺ onto thermally activated clay

Models Parameters	Linear Method	Nonlinear Method
Langmuir		
q _{max} (mg/g)	18.89	16.57
K _L (g/mg)	0.041	0.57
R ²	0.9961	0.9972
Freundlich		
K _f (mg/g)	1.18	1.82
n	1.58	2.01
R ²	0.9599	0.9692
Dubinin-Radushkevich		
q _s (g/mg)		
B	9.68	11.70
R ²	2.05E-6	9.40E-6
	0.9088	0.9218
Temkin		
K _T (mg/g)	0.68	1.20
B	725.36	358.54
R ²	0.9995	0.9895

The author (Langmuir, 1916) explained the concept of adsorption isotherm on theoretical basis for the kinetic theory of gases.

Langmuir adsorption is based on monolayer adsorption on the homogeneous surface, this model also suggests that there is no lateral interaction between sorbent molecules (Hamid et al., 2017; Awasthi et al., 2019).

The fundamental characteristics of the Langmuir isotherm can be expressed by dimensionless separation factor, RL; defined by Equation 3:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (\text{Eq. 3})$$

Where, the parameters q_{max} (mg/g) and K_L (L/mg) are Langmuir constants associated with the capacity and energy of adsorption (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Rostamian et al., 2011; Bourliva et al., 2018; Mathangi and Helen 2019; Hu et al., 2019; Bhatt and Shah 2015).

The R_L parameter indicates the shape of the isotherm as follows: $R_L > 1$, unfavourable, $R_L = 1$, linear, $0 < R_L < 1$, favourable, $R_L = 0$, irreversible (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Rostamian et al., 2011).

The values of R_L are presented in Table 5. In this work, all R_L values determined are in the range of 0 to 1. This result indicates that the removal process is favorable with increasing adsorption efficiency at higher Cd^{2+} concentrations.

Table 5 - R_L values in Langmuir isotherm of Cd^{2+} thermally activated Primavera clay (300 °C)

C_0 (mg/L)	R_L	% Removed
18.47	0.55	88.20
62.81	0.27	87.39
107.67	0.17	81.13
149.85	0.13	74.77
185.52	0.11	71.79

The Freundlich isotherm assumes the formation of multi-layers in the adsorbent, occurring on heterogeneous surfaces, considering that there are binding sites with greater energy variation than others, favoring the binding with the adsorbed molecules. Its linearized and non-linear Freundlich isotherm equations are shown in Table 3, and the parameters calculated for both forms are shown in Table 4. The value of the Freundlich coefficient “ n ” varies with the heterogeneity of the sorbent and gives an idea of the favorability of the sorption process. The values of “ n ” in the range between 1 to 10 indicate a favorable adsorption process (Ozdes et al., 2011; Bourliva et al., 2018; Bhatt and Shah 2015). The value of $(1/n) > 1$ represents a concave isotherm where the sorption energy increases with elevating surface concentration. On the other hand, the value of $(1/n) < 1$ represents a convex isotherm, in which the sorption energy decreases with increasing surface concentration (Can et al., 2016). In this study, characteristics of a favorable process were found with a decrease in the sorption energy due to the increase in the concentration of Cd^{2+} on the surface of the thermally treated clay, both for the linear and non-linear models (n linear = 1.58; n non-linear = 2.01), this behavior is more accentuated in the nonlinear model.

Concerning Freundlich adsorption capacity K_f (mg/g) is an indicator of a system, whether it is favorable for adsorption or not. Adsorption is considered promising if value of K_f is found in the range of 1–20

(Batool et al., 2018). In both forms, linear and non-linear model, KF is in this range (linear Kf = 1.18 mg/g; non-linear Kf = 1.82 mg/g), therefore the adsorption of Cd²⁺ by clay is favorable in this study.

The Dubinin-Radushkevich (D-R) isotherm model was developed as an empirical model for vapor adsorption on the solid surface. It is successfully applied for adsorption of heterogeneous systems, including solids and liquids, this model being considered more general than Langmuir because in its derivation the surface is not assumed to be homogeneous nor the sorption potential as constant (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Bhatt; Shah 2015). The equations of the Dubinin-Radushkevich isotherm in linear and non-linear forms are shown in Table 3.

The parameters q_s (mg/g), which is the Dubinin-Radushkevich constant that represents the theoretical maximum adsorption capacity for the formation of a monolayer, and B (mol².kJ²), which is a constant associated with the function of free energy adsorption averages, were determined from the proposed equations which are presented in Table 4.

The Polanyi potential ε is given by Equation 4:

$$\varepsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right) \quad (\text{Eq. 4})$$

According to several studies (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Bourliva et al., 2018; Bhatt; Shah 2015), the average free energy of transferring one mole of solute from infinity to the adsorbent surface can be determined from Equation 5. This parameter provides information on whether the adsorption mechanism is physical or chemical in nature, through ion exchange. If the magnitude of E is below 8 kJ/mol, it reflects physical sorption and between 8-16 kJ/mol reflects chemical sorption

$$E = \frac{1}{\sqrt{2B}} \quad (\text{Eq. 5})$$

However, according to the study by authors (Hu et al., 2019) the use of Dubinin-Radushkevich model for adsorption in solid/liquid systems shows the relationship between the solubility of the medium and the concentration of adsorbate equilibrium. This can produce changes in the shape of the curves in function of the magnitude of parameter B , mainly in diluted solutions, because the adsorbate solubility is generally much higher than the equilibrium concentration, so that the Dubinin-Radushkevich isotherm model may not accurately provide the mean free energy to distinguish physical or chemical adsorption in a solid/solution adsorption system.

In this study, the parameters obtained according to the Dubunin-Radushkevich isotherm model are listed in Table 4 and presented the lowest correlation coefficient among the models studied. The values obtained for parameter E were 493.86 kJ/mol for the linear model and 230.63 kJ/mol for nonlinear model, both outside the range of values presented in the literature (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Bourliva et al., 2018; Bhatt; Shah 2015; Hu; Zhang 2019) to characterize the phenomenon between physisorption or chemisorption, probably due to the low concentrations of metal in the studied solutions.

The Temkin adsorption isotherm discusses the collaboration of sorbent and sorbate, and the model considers that the heat of the adsorption of all the molecules would decrease linearly with coverage, due to the interaction between sorbent and sorbate during the adsorption phenomenon. The linear and non-linear forms of the Temkin isotherm are listed in Table 3. The Temkin model indicates the exothermic nature of the adsorption reaction if $B > 0$, which is an indicator of heat release during the process or has an endothermic nature of the adsorption reaction if $B < 0$, which is an indicator of heat capture during the process. The R (8.314 J/K.mol) is the universal gas constant, T (K) is absolute temperature, and the constants B and KT (L/mg) are, the Temkin constant related to heat of adsorption, and the equilibrium binding constant corresponding to the maximum binding energy, respectively (Batool et al., 2018; Ozdes et al., 2011; Rostamian et al., 2011; Bourliva et al., 2018; Bhatt; Shah 2015).

The values of the Temkin constants B , KT and R^2 are listed in Table 4. The B values that are indicative of the metal adsorption heat in this study were positive ($B_{\text{linear}} = 725.36$ J/mol and $B_{\text{nonlinear}} = 358.54$ J/mol), suggesting an exothermic adsorption reaction.

To verify the model for the adsorption system, it is necessary to analyze the data through analysis of the error. The four error functions employed are included in this study which are (R^2) the coefficient of determination, (χ^2) Chi-Square Test, (RSS) the sum of the squares of errors and (RMSE) residual root mean square error. The values for each error function were also obtained through OriginPro, Version 2020, and are listed in Table 6.

Table 6 - Error functions for equilibrium isotherms

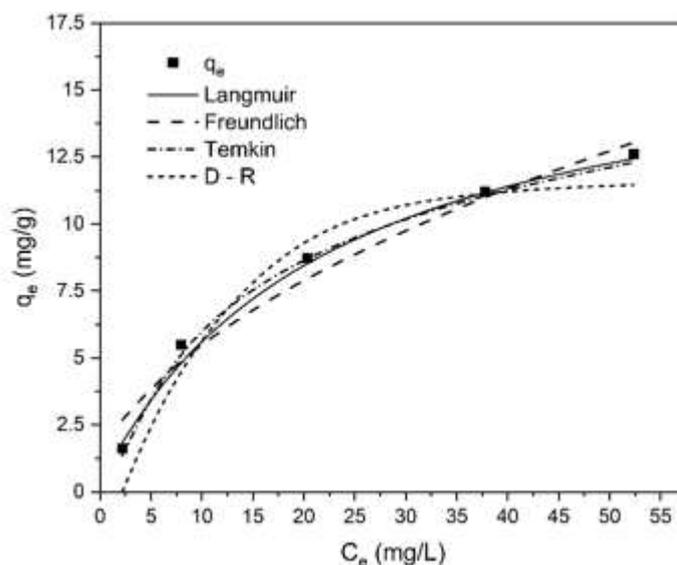
Error functions	R ²	χ ²	RSS	RMSE
Linear approach	-	-	-	-
Langmuir	0.9961	0.0002	0.0141	5.98E-4
Freundlich	0.9599	0.0070	0.0209	0.0835
Dubinin-Radushkevich	0.9088	0.0840	0.2521	0.2898
Temkin	0.9955	0.1171	0.3514	0.3423
Nonlinear approach	-	-	-	-
Langmuir	0.9972	0.0746	0.2239	0.2732
Freundlich	0.9692	0.6074	1.8221	0.7793
Dubinin-Radushkevich	0.9202	2.0968	6.2903	1.4480

Evaluation of determination coefficients (R²) obtained shows that there was a significant adjustment of the data with respect to all the models of isotherms under analysis, with R² above 0.9, showing the strong interaction of Cd²⁺ ions with the surface of the clay thermally treated.

Despite presenting a strong correlation with all the evaluated isotherm models, we found that the best representation of the Cd²⁺ ion adsorption process was provided by the Langmuir nonlinear model, which presented the highest correlation coefficient and low values for the other errors. The Freundlich and Dubinin-Radushkevich nonlinear models also performed better than the respective linear forms. The only exception observed was for Temkin model. All error tests performed in the linear model adjustment provided better results than those obtained with the non-linear model, indicating that the best fit was by linear model.

Based on the results, we can affirm that the adsorption of Cd²⁺ ions by Primavera clay thermally treated has predominant characteristics of adsorption in monolayer, exothermic, but with non-uniformity of energy as the surface is covered by Cd²⁺ ions, since the experimental data were well represented by the Langmuir and Temkin models. Figure 3 illustrates the models obtained and the experimental data.

Figure 3 - Isotherm plots for adsorption of Cd^{2+} onto thermally activated Primavera clay (300 °C).



For the Cd^{2+} concentrations studied, the highest adsorption capacity obtained was 12.6 mg/g, with a maximum value of adsorption capacity of 16.57 mg/g being obtained according to the Langmuir model, indicating that the thermally treated clay did not reach to exhaustion. This result also confirms that the Langmuir model is more appropriate to represent the process than that of Dubinin-Radushkevich because the experimental value for the removal capacity exceeds the maximum value that was proposed by the referred model of 11.7 mg/g. there is also a decrease in the adsorption energy reported by the Temkin model due to the fact that even the surface of the thermally treated clay is not saturated, the removal percentage did not reach the maximum value, as observed in Table 4.

KINETIC STUDIES

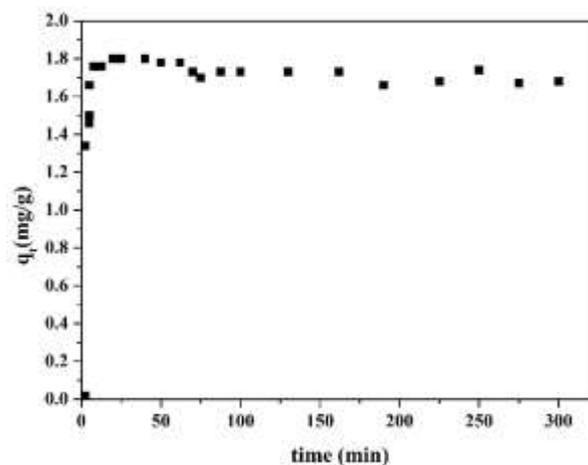
To determine the kinetics of the adsorption process, there are several models determining the adsorption kinetics. In this study, the data were adjusted to the pseudo-second-order (Kumar; Gaur 2011; Khezami; Capart, 2005).

The plots of q_t as a function of time at the initial Cd^{2+} concentration and pH 4.5 are presented in Figure 4. From the results, it was found that the Cd^{2+} sorption rate was relatively fast for the first 5 min. Following this stage, a slow adsorption process takes place and the equilibrium is then attained at approximately 30 min. Diffusional restrictions are extraordinarily important in these processes. One or more mechanistic steps may be involved: (1) external mass transport, (2) diffusional mass transfer within the internal structure of the adsorbent particle, and (3) adsorption at sites located at the

surface. The first step is not rate-limiting since the effect of transport in the solution can be eliminated by efficient mixing. The second step must be reduced in clay minerals, because these materials expand in the presence of large amounts of water, promoting complete separation of the unit layers.

The authors (Dal Bosco et al., 2006) observed two distinct adsorption mechanisms that may influence adsorption. At the first 5 mins of interaction, a cation exchange mechanism that takes place at exchange sites located on (001) basal planes is predominant. This process is inhibited by low pH values. After this first and fast step, a second sorption mechanism can be related to formation of inner-sphere surface complexes, which is formed at edges of the clay. The rate constants and the initial sorption rates correlate positively with temperature in all studied systems, denoting the predominance of a physisorption process.

Figure 4 - Curve of t/q_{eq} versus time of the Cd^{2+} sorption on thermally activated Primavera clay (300 °C)



Adsorption rate prediction provides information for selecting optimal operating conditions in large-scale batch processes. To investigate the mechanism of adsorption kinetics, we will use the pseudo-second-order model developed by authors (Ho; McKay, 1998; Ho; McKay, 1999).

The constants values of the kinetic models obtained from the plots of Cd^{2+} adsorption are presented in Table 7. A good agreement between the data and the second-order kinetic model was found ($R^2 > 0.999$). Furthermore, the q_{eq} values calculated from the pseudo-second-order model were close to the experimental q_{eq} values.

Table 7 - Pseudo-second-order model constants and correlation coefficients for Cd²⁺ adsorption onto thermally activated Primavera clay

K ((g/mg)/min)	q _{eq} (mg/g)	R ²
0.5563	1.68	0.9998

Table 8 presented q_{eq} results from the present study and some data presented in the literature.

Table 8 - Removal of heavy metals by thermally modified clay

Clay	Experimental Conditions	q _{eq} (mg/g)	References
Primavera 300 °C	Cd ²⁺ pH = 4.5 150 rpm t = 5 h	1.68	This work
Toritama 500 °C	Cd ²⁺ pH = 4.5 150 rpm t = 5 h	1.52	Silva et al., 2009.
Marl 750 °C	Pb ²⁺ /Cu ²⁺ / Zn ²⁺ pH = 2.88-6.45	-	Stefanova, 2001.
Turkish 100 to 800 °C	Cr ⁺³ / C ₀ = 50 - 500 mg/L pH = 1-7	0.5-4.2	Akar et al., 2009.

Based on the removal of heavy metals, the thermally activated clay (300 °C) was efficient, with value q_{eq} of 1.68 mg/g. Similar results were found in (Silva et al., 2009; Stefanova, 2001; Akar et al., 2009).

The clay of Toritama (Pernambuco, Brazil) was investigated, in its form “in nature”, and also after thermal activation at 500 °C, aiming its use in the removal of Cd²⁺. The process of cadmium removal, in finite bath system, for thermally activated clay (500 °C) reaches the equilibrium after 120 min and presents about 86.8 % of cadmium removal (Silva et al., 2009).

The authors (Stefanova, 2001) show that the thermally activated clay marl (750 °C) can be successfully used for the removal of lead, copper and zinc ions from aqueous solutions in a wide range of concentrations.

The authors (Akar et al., 2009) indicated that the natural, activated and modified clays (Turkish (Mihaliççik region) can be used as effective and inexpensive adsorbents for the removal of toxic Cr (VI) ions from aqueous solutions.

4 CONCLUSION

The present work successfully studied the thermal modification of the Brazilian Primavera Clay for the removal of cadmium from aqueous solutions. A combination of XRD, EDX, and N₂ adsorption

techniques demonstrated that the Brazilian clay is formed by clay minerals of the smectite group, possessing quartz as an impurity. From the results, it was also concluded that the thermal treatment (300 °C) did not alter the structure of the smectite clay. Adsorption–desorption curves of raw clay and thermally activated clay reveal the classical features observed for swelling clay minerals having both microporosity and mesoporosity

The heat-treated clay presented a high affinity to the cadmium ions. A pseudo-second-order kinetic model represented well the mechanism of interaction involved during Cd^{2+} adsorption into the pores of the thermally activated Primavera clay (300 °C).

The adsorption isotherms could be fitted in the Langmuir and Temkin models. Finally, our work demonstrated that Primavera clay modified by heat-treatment could be used as a cheap sorbent for removing toxic substances such as Cd^{2+} ions from aqueous solutions.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge Petrobras; CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) and CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento) for the financial support.

REFERENCES

- AKAR, S. T.; YETIMOGLU, Y.; GEDIKBEY, T. Removal of chromium (VI) ions from aqueous solutions by using Turkish montmorillonite clay: effect of activation and modification. *Desalination*, v. 244, n. 1–3, p. 97–108, 2009.
- AWASTHI, A.; JADHAO, P.; KUMARI, K. Clay nano-adsorbent: structures, applications and mechanism for water treatment. *SN Applied Sciences*, v. 1, n. 9, 2019.
- BATOOL, F. et al. Study of Isothermal, Kinetic, and Thermodynamic Parameters for Adsorption of Cadmium: An Overview of Linear and Nonlinear Approach and Error Analysis. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, v. 2018, 2018.
- BHATT, R. R.; SHAH, B. A. Sorption studies of heavy metal ions by salicylic acid-formaldehyde-catechol terpolymeric resin: Isotherm, kinetic and thermodynamics. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 8, n. 3, p. 414–426, 2015.
- BOJEMUELLER, E.; NENNEMANN, A.; LAGALY, G. Enhanced pesticide adsorption by thermally modified bentonites. *Applied Clay Science*, v. 18, n. 5–6, p. 277–284, 2001.
- BOLISETTY, S.; PEYDAYESH, M.; MEZZENGA, R. Sustainable technologies for water purification from heavy metals: review and analysis. *Chemical Society Reviews*, v. 48, n. 2, p. 463–487, 2019.
- BOURLIVA, A.; SIKALIDIS, A.; K.; PAPADOPOULOU, L. et al. Removal of Cu²⁺ and Ni²⁺ ions from aqueous solutions by adsorption onto natural palygorskite and vermiculite. *Clay Minerals*, v. 53, p. 1–15, 2018.
- BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society*, v. 60, n. 2, p. 309–319, 1938.
- BURAKOV, A. E. et al. Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materials for wastewater treatment purposes: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 148, p. 702–712, fev. 2018.
- CAN, N.; ÖMÜR, B. C.; ALTINDAL, A. Modeling of heavy metal ion adsorption isotherms onto metallophthalocyanine film. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 237, p. 953–961, 2016.
- CUNHA, R. S. S.; MOTA, J. D.; RODRIGUES, M. G. F. Removal of Toxic Substances (Pb²⁺ and Zn²⁺) in Water Using Clay as Natural Smectite Bofe Adsorbent. *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, 2015.

DAL BOSCO, S. M. et al. Removal of Mn(II) and Cd(II) from wastewaters by natural and modified clays. *Adsorption*, v. 12, n. 2, p. 133–146, 2006.

DAMASCENO MOTA, J.; SILVA SOUZA CUNHA, R.; RODRIGUES, M. G. F. Study and characterization of Chocolate B clay on adsorption of heavy metals (lead and zinc) in batch finite system. *Materials Science Forum*, v. 798–799, p. 582–587, 2014.

ESPAÑA, V. A. A. et al. Environmental applications of thermally modified and acid activated clay minerals: Current status of the art. *Environmental Technology and Innovation*, v. 13, p. 383–397, 2019.

FERRAGE, E. Investigation of the Interlayer Organization of Water And Ions in Smectite from the Combined Use of Diffraction Experiments and Molecular Simulations. A Review of Methodology, Applications, and Perspectives. *Clays and Clay Minerals*, v. 64, n. 4, p. 348–373, 2016.

GHAFFARI, H. R. et al. Linear and Nonlinear Two-Parameter Adsorption Isotherm Modeling: A Case-Study. *The International Journal of Engineering and Science*, v. 6, n. 9, p. 1–11, 2017.

GIL, A. et al. Equilibrium and thermodynamic investigation of methylene blue adsorption on thermal- and acid-activated clay minerals. *Desalination and Water Treatment*, v. 51, n. 13–15, p. 2881–2888, 2013.

GROEN, J. C.; PEFFER, L. A. A.; PÉREZ-RAMÍREZ, J. Pore size determination in modified micro- and mesoporous materials. Pitfalls and limitations in gas adsorption data analysis. *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 60, n. 1–3, p. 1–17, 2003.

HAJJAJI, M. et al. Chemical and mineralogical characterization of a clay taken from the Moroccan Meseta and a study of the interaction between its fine fraction and methylene blue. *Applied Clay Science*, v. 20, n. 1–2, p. 1–12, 2001.

HELLER-KALLAI, L. Chapter 7.2 Thermally Modified Clay Minerals. In: BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G. (Eds.). *Handbook of Clay Science. Developments in Clay Science*. [s.l.] Elsevier, 2006. v. 1p. 289–308.

HO, Y. S.; MCKAY, G. Batch Lead(II) Removal From Aqueous Solution by Peat. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 77, n. 3, p. 165–173, 1999.

HO, Y. S.; MCKAY, G. Kinetic models for the sorption of dye from aqueous solution by wood. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 76, n. 2, p. 183–191, 1998.

HU, Q.; ZHANG, Z. Application of Dubinin–Radushkevich isotherm model at the solid/solution interface: A theoretical analysis. *Journal of Molecular Liquids*, v. 277, p. 646–648, 2019.

HU, Y. et al. Algal sorbent derived from *Sargassum horneri* for adsorption of cesium and strontium ions: equilibrium, kinetics, and mass transfer. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 103, n. 6, p. 2833–2843, 2019.

HUSSIN, F.; AROUA, M. K.; DAUD, W. M. A. W. Textural characteristics, surface chemistry and activation of bleaching earth: A review. *Chemical Engineering Journal*, v. 170, n. 1, p. 90–106, 2011.

KHEZAMI, L.; CAPART, R. Removal of chromium(VI) from aqueous solution by activated carbons: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*, v. 123, n. 1–3, p. 223–231, 2005.

KUMAR, D.; GAUR, J. P. Chemical reaction- and particle diffusion-based kinetic modeling of metal biosorption by a *Phormidium* sp.-dominated cyanobacterial mat. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 2, p. 633–640, 2011.

LANGMUIR, I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I.-Solids. *Journal of the American Chemical Society*, v. 38, n. 11, p. 2221–2295, 1916.

LE FORESTIER, L. et al. Textural and hydration properties of a synthetic montmorillonite compared with a natural Na-exchanged clay analogue. *Applied Clay Science*, v. 48, n. 1–2, p. 18–25, 2010.

LEITE, I. F.; RAPOSO, C. M. O.; SILVA, S. M. L. Caracterização estrutural de argilas bentoníticas nacional e importada: antes e após o processo de organofilização para utilização como nanocargas. *Cerâmica*, v. 54, n. 331, p. 303–308, 2008.

MARROCCHI, Y. et al. Low-pressure adsorption of Ar, Kr, and Xe on carbonaceous materials (kerogen and carbon blacks), ferrihydrite, and montmorillonite: Implications for the trapping of noble gases onto meteoritic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 69, n. 9, p. 2419–2430, 2005.

MARUZZAMAN, M. Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 166, n. 1–2, p. 36–59, ago. 2011.

MATHANGI, J. B.; HELEN KALAVATHY, M. Study of mathematical models for the removal of Ni²⁺ from aqueous solutions using *Citrullus lanatus* rind, an agro-based waste. *Water and Environment Journal*, v. 33, n. 2, p. 276–291, 2019.

MCBRIDE M.B., *Environmental Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press 1994.

MERCURIO M., SARKAR B., LANGELLA A., Modified Clay and Zeolite Nanocomposite Materials. Environmental and Pharmaceutical Applications. 1st edition. Elsevier. 2018

MICHOT, L. J.; VILLIEÉRAS, F. Assessment of surface energetic heterogeneity of synthetic Na-saponites. The role of layer charge. Clay Minerals, v. 37, p. 39-57, 2002.

MOTA, J. D. et al. Cadmium adsorption kinetic study using natural brasgel clay the adsorbent. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2018.

MOTA, J. D. et al. Investigação da eficiência de argila chocolate B natural e modificada na adsorção de íons chumbo avaliando os efeitos de pH e concentração. Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 3, p. 823–840, 2020.

MOTA, J. D.; CUNHA, R. S. S.; FREIRE RODRIGUES, M. G. Study and Characterization of Chocolate B Clay on Adsorption of Heavy Metals (Lead and Zinc) in Bath Finite System. Brazilian Ceramic Conference 57. Anais...: Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2014.

NEAMAN, A.; PELLETIER, M.; VILLIERAS, F. The effects of exchanged cation, compression, heating and hydration on textural properties of bulk bentonite and its corresponding purified montmorillonite. Applied Clay Science, v. 22, n. 4, p. 153–168, 2003.

NONES, J. et al. Thermal treatment of bentonite reduces aflatoxin b1 adsorption and affects stem cell death. Materials Science and Engineering C, v. 55, p. 530–537, 2015.

OTUNOLA, B. O.; OLOLADE, O. A review on the application of clay minerals as heavy metal adsorbents for remediation purposes. Environmental Technology and Innovation, v. 18, p. 100692, 2020.

OZDES, D.; DURAN, C.; SENTURK, H. B. Adsorptive removal of Cd(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by using Turkish illitic clay. Journal of Environmental Management, v. 92, n. 12, p. 3082–3090, 2011.

PERRONNET, M. et al. Towards a link between the energetic heterogeneities of the edge faces of smectites and their stability in the context of metallic corrosion. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 71, n. 6, p. 1463–1479, 2007.

REZENDE, M. J. C.; PINTO, A. C. Esterification of fatty acids using acid-activated Brazilian smectite natural clay as a catalyst. Renewable Energy, v. 92, p. 171–177, 2016.

RODRIGUES, M. G. F. Physical and catalytic characterization of smectites from Boa-Vista, Paraíba, Brazil. Cerâmica, v. 49, n. 311, p. 146–150, 2003.

- ROSTAMIAN, R.; NAJAFI, M.; RAFATI, A. A. Synthesis and characterization of thiol-functionalized silica nano hollow sphere as a novel adsorbent for removal of poisonous heavy metal ions from water: Kinetics, isotherms and error analysis. *Chemical Engineering Journal*, v. 171, n. 3, p. 1004–1011, 2011.
- ROUQUEROL, F.; RUOQUEROL, J.; SING, K. Introduction. *Adsorption by Powders and Porous Solids*, p. 1–467, 1999.
- SDIRI, A. et al. Synthesis and characterization of silica gel from siliceous sands of southern Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 7, n. 4, p. 486–493, 2014.
- SILVA J.V.N., OLIVEIRA G.C., RODRIGUES M.G.F., Feasibility Study of the Properties of Clay Chocobofe Removal of Lead in Synthetic Wastewater. *Mater Sci Forum* 2015; 805: 284-290.
- SILVA M.L.P., Remoção de Cádmiio de Efluentes Sintéticos pela Argila Bentonita. Dissertação de mestrado. Brasil: Universidade Federal de Campina Grande 2008.
- SILVA, M. L. P.; RODRIGUES, M. G. F.; SILVA, M. G. C. Remoção de cádmio a partir da argila de Toritama (estado de Pernambuco) ativada termicamente em sistema de banho finito. *Cerâmica*, v. 55, n. 333, p. 11–17, 2009.
- SING, K. S. W. et al. REPORTING PHYSISORPTION DATA FOR GAS/SOLID SYSTEMS with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. *Journal of the Medical Association of Thailand*, v. 81, n. 6, p. 420–430, 1985.
- SINGH, N. B., et al. Water purification by using Adsorbents: A Review. *Environmental Technology and Innovation*, v. 11, p. 187–240, 2018.
- SOUZA R.S., MOTA J.D., RODRIGUES M.G.F., Evaluation of chocolate clay removal of lead in B (Pb²⁺) system in finite bath. *Materials Science Forum*, vol. 805, Trans Tech Publications, Ltd., Sept. 2014, pp. 279–283.
- SOUZA SANTOS P., *Ciência e Tecnologia de Argilas*. São Paulo: Edgard Blücher 1992.
- STAESSEN, J. A. et al. Environmental exposure to cadmium, forearm bone density, and risk of fractures: Prospective population study. *Lancet*, v. 353, n. 9159, p. 1140–1144, 1999.
- STEFANOVA, R. Y. Metal removal by thermally activated clay marl. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, v. 36, n. 3, p. 293–306, 2001.
- TIEN C., *Adsorption Calculation and modeling*. Boston: Butteworth-Heinemann 1994.

TORRES SÁNCHEZ, R. M. et al. Benzimidazole adsorption on the external and interlayer surfaces of raw and treated montmorillonite. *Applied Clay Science*, v. 53, n. 3, p. 366–373, 2011.

TORRES SÁNCHEZ, R. M. Mechanochemical effects on physicochemical parameters of homoionic smectite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 127, n. 1, p. 135–140, 1997.

TRGO, M.; PERIĆ, J.; MEDVIDOVIĆ, N. V. Investigations of different kinetic models for zinc ions uptake by a natural zeolitic tuff. *Journal of Environmental Management*, v. 79, n. 3, p. 298–304, 2006.

UDDIN, M. K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. *Chemical Engineering Journal*, v. 308, p. 438–462, 2017.

VASCONCELOS P.N.M., et al. Cadmium Adsorption of Zinc from Aqueous Solutions Using Modified Brazilian Gray Clay. *Am J Anal Chem* 2013; 4: 510-519.

VASCONCELOS, P. N. M. Modificação e caracterização de argila esmectita brasgel visando seu uso no processo de remoção de metais pesados (Cd, Ni e Cd/Ni). Tese de doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2013.

VOLZONE C, CÉSIO A. M. Structural modifications of OH–Cr smectites after thermal treatment up to 1000 °C. *Mater Chem Phys* 1997; 48: 216-219.

YUAN, P. et al. Influences of pretreatment temperature on the surface silylation of diatomaceous amorphous silica with trimethylchlorosilane. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v. 352, n. 36–37, p. 3762–3771, 2006.

ZIVICA, V.; PALOU, M. T. Physico-chemical characterization of thermally treated bentonite. *Composites Part B: Engineering*, v. 68, n. July, p. 436–445, 2015.