

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO:

Contribuições, reflexões e perspectivas

ORGANIZADORES

GABRIELE FRANCO

JOSÉ ERICK SOUZA LIMA

RUBENS PANTANO FILHO



APOIO INSTITUCIONAL



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
contribuições, reflexões e perspectivas

Organizadores

Gabriele Franco

José Erick Souza Lima

Rubens Pantano Filho

2021

Dedicado à

Prof.^a Dr.^a Sonia Guimarães

primeira mulher negra brasileira doutora em Física e primeira mulher negra brasileira a lecionar no Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA.

Professora do ITA, membra da Associação Brasileira de Pesquisadores Negros – ABPN, presidenta da Comissão Justiça, Equidade, Diversidade e

Inclusão - JEDI na Física da Sociedade Brasileira de Física – SBF, Conselheira Fundadora da ONG afrobras, mantenedora da Universidade

Zumbi dos Palmares, Conselheira do Conselho Municipal de Promoção da Igualdade Racial - COMPIR, da cidade de São José dos Campos/SP.

© 2021, FoxTablet

Título: Ensino, Pesquisa e Extensão – contribuições, reflexões e perspectivas

Autores: vários

Organizadores: Gabriele Franco, José Erick Souza Lima e Rubens Pantano Filho.

Revisão: Gabriele Franco, Kelly Cristina de Oliveira, Maria Isabel d'Andrade de Souza Moniz, Mirella Novais Oliveira e Rafael Prearo Lima.

Imagem da capa: Olabi Makerspace. Sonia Guimarães, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2019. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prof_Sonia_Guimar%C3%A3es_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prof_Sonia_Guimar%C3%A3es_(cropped).jpg). Acessado em: 16 out. 2021.

Arte da capa: Grazielle Franco

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensino, pesquisa e extensão [livro eletrônico] : contribuições, reflexões e perspectivas / Organizadores Gabriele Franco, José Erick Souza Lima, Rubens Pantano Filho. – Salto, SP: FoxTablet, 2021.
245 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89010-37-1

1. Ensino superior – Pesquisa. 2. Ciência. 3. Extensão universitária. I. Franco, Gabriele. II. Lima, José Erick Souza. III. Pantano Filho, Rubens.

CDD 378.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Índices para catálogos sistemáticos:

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra, de qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, inclusive por meio de processos xerográficos, sem a permissão expressa do editor (Lei nº 9.610, de 19/02/1998).

Todos os direitos desta edição reservados pelos autores.



Rua Toscana, 176 – Bairro Vila Romana – Salto/SP – CEP 13321-440
Tel. (11) 3413-3998 / Cel. (11) 98689-1789

Apresentação

Entre os meses de setembro e outubro de 2021, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Bragança Paulista (IFSP-BRA) – realiza três eventos de grande importância e já tradicionais em seu calendário acadêmico:

- **BRAGANTEC** – Feira de Ciência e Tecnologia da Região Bragantina;
- **SEMTEC** – Semana de Ciência e Tecnologia;
- **CONCISTEC** – Congresso Científico da Semana Nacional de Tecnologia.

A BRAGANTEC é uma feira que recebe projetos de alunos dos ensinos fundamental (8º e 9º anos), médio e técnico, nas áreas de Ciências da Natureza e Exatas, Ciências Humanas e Linguagens, Engenharias e Informática. A feira tem por objetivos incentivar a criatividade e a inovação dos estudantes, despertar vocações científicas e/ou tecnológicas e identificar jovens talentosos que possam ser estimulados a seguirem carreiras científico-tecnológicas. A participação na feira é gratuita e aberta a todas as escolas públicas e particulares.

A SEMTEC (Semana de Ciência e Tecnologia do IFSP, Câmpus Bragança Paulista) apresenta em sua programação um ciclo de palestras, minicursos e mostra de trabalhos, em parceria com as indústrias da região bragantina e com várias instituições nacionais de ensino e pesquisa. As palestras contemplam temas que permeiam todos os cursos do IFP-BRA e o mercado de trabalho a eles relacionados.

Durante SEMTEC, também acontece o CONCISTEC (Congresso Científico da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia), uma destacada conferência nacional, vinculada à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do governo federal (MCTI), representando o estado da arte e as tendências das novas tecnologias em diversas áreas do conhecimento.

A SEMTEC e o CONCISTEC têm por objetivos difundir conhecimentos sobre temas científicos e tecnológicos da atualidade, bem

como outros ligados à educação, por meio de reflexões e debates em palestras e apresentações de trabalhos resultantes de estudos/pesquisas científicas, estimulando a participação da comunidade acadêmica de quaisquer instituições de ensino e/ou de pesquisa.

Neste ano de 2021, os três eventos estão sendo contemplados com esta publicação – **Ensino, Pesquisa e Extensão: contribuições, reflexões e perspectivas** – resultante de artigos encaminhados pelos participantes, cuja finalidade é compartilhar trabalhos acadêmicos, socializando estudos, reflexões e práticas acadêmico-profissionais. Pretende-se promover o intercâmbio de ideias, indagações e análises, incentivando o debate acadêmico para a produção de novos conhecimentos.

A obra tem como público-alvo pesquisadores, professores, estudantes e demais interessados nos temas elencados. A coletânea conta com textos de autoria de professores/pesquisadores do IFSP-BRA, bem como de colegas de outras de instituições de ensino e pesquisa.

Boa leitura!

Gabriele Franco

José Erick Souza Lima

Rubens Pantano Filho

Sumário

<i>Geração de energia elétrica: reflexões para um diálogo interdisciplinar...</i>	<i>08</i>
<i>* Iára Leme Russo Cury / Rubens Pantano Filho / Vitor Garcia</i>	
<i>A cicloide e o movimento composto: simulações no plano inclinado.....</i>	<i>28</i>
<i>* Cláudio Sérgio Sartori / Irval Cardoso de Faria</i>	
<i>Redes Neurais Artificiais: ideias básicas no Ensino Médio.....</i>	<i>38</i>
<i>* José Eduardo Colle / Walter Martins Rodrigues / William Rodrigues da Silva</i>	
<i>Forró e Tango: representações poéticas da saudade e da nostalgia nas letras e melodias das músicas.....</i>	<i>54</i>
<i>* Gabriele Franco / Rubens Pantano Filho</i>	
<i>Práticas Educativas com Metodologias Ativas em Tempos de Pandemia...</i>	<i>67</i>
<i>* Ricardo Brasileiro de Matos</i>	
<i>Genética do autismo: é possível compreender a sua herdabilidade?.....</i>	<i>76</i>
<i>* Maysa S. de C. Fernandes / Andréa C. de M. Malinverni / Gianna Carvalheira</i>	
<i>Proposta de ferramenta web para o auxílio ao diagnóstico de autismo usando eye tracking.....</i>	<i>88</i>
<i>* Vinicius F. Santana / Talita de P. Cypriano de Souza / José Erick Souza Lima</i>	
<i>Tendências no Ensino da Era Digital e Análise de Dados (2016 a 2019) Acerca do Uso de TICs por Crianças e Adolescentes no Brasil – Base de Dados TIC Kids Online Brasil – NIC.BR/CETIC.BR.....</i>	<i>103</i>
<i>* Paulo Henrique Leme Ramalho / Wagner Wesley Leme Ramalho</i>	
<i>Um Modelo de Plataforma para Análise de Dados do Smart Campus da Universidade Estadual de Campinas.....</i>	<i>117</i>
<i>* Agord de Matos P. Júnior / André Marcelo Panhan</i>	
<i>A Inteligência Artificial Aplicada na Interação Humano Computador: um Estudo Aplicado ao Desenvolvimento de um Chatbot par o IFSP Campus Votuporanga.....</i>	<i>132</i>
<i>* Joaquim Kayo L. Camargo / Cecílio M. Rodas</i>	

Diálogos: Educação & Direito

<i>Interface de Negociação de Recursos entre Função Inovação Radical e Demais Funções da Empresa.....</i>	<i>140</i>
<i>* João Vitor N. Leal / Mário Sérgio Salerno</i>	
<i>Análise Conjunta de Criação de Vantagem Competitiva em Empresas de Telecomunicações com Utilização de Pesquisas de Satisfação e Gestão Baseada em Valor.....</i>	<i>155</i>
<i>* Kleber Nascimento da Conceição / Orlando Leonardo Berenguel</i>	
<i>Uma Abordagem Atual sobre Remineralizadores em Solos de Baixa Fertilidade como Sugestão a uma Agricultura Sustentável no Brasil.....</i>	<i>168</i>
<i>* Idlla H. P. Pio / Érico R. Gomes / Fernanda da . Barbosa / Natanael O. da Vera</i>	
<i>Avaliação dos Processos de Fenton e de Foto-Fenton combinados com Ultrassom no tratamento de Efluente Vinícola.....</i>	<i>181</i>
<i>* Ricardo A. Rodrigues / Paulo S. Tonello</i>	
<i>Titulometria Aplicada à Análise de Teor de Acidez em Vinagres Comercializados no Brasil.....</i>	<i>192</i>
<i>* Omar Arafat Kdusi Khalil / Bianca Anotti</i>	
<i>Análise de Glicerol Residual da Indústria de Conversão do Biodiesel para Aplicação em Processo Fermentativo.....</i>	<i>199</i>
<i>* Fabio M. Cavalcante / Arnaldo M. R. Prata</i>	
<i>Política Nacional de Resíduos Sólidos Alavancando a Sustentabilidade do Município de São Bernardo do Campo.....</i>	<i>209</i>
<i>* Maria Gorette Fernandes / Sueli A. De Oliveira / Derval dos Santos Rosa</i>	
<i>A plasticidade neural e o grafeno.....</i>	<i>219</i>
<i>* Gustavo Faria da Silva / Marcos Alexandre Fernandes</i>	
<i>A importância da inspeção e certificação de terceira parte nos segmentos de fabricação de equipamentos de processo e produtos aeronáuticos.....</i>	<i>229</i>
<i>* Edilson R. Barbosa de Jesus / Marcelo Pieri Pereira / Edson S. de Jesus Filho</i>	

Geração de energia elétrica: reflexões para um diálogo interdisciplinar

Iára Leme Russo Cury¹

Rubens Pantano Filho²

Vitor Garcia³

Considerações sobre interdisciplinaridade

No mundo contemporâneo, ampliaram-se significativamente as informações disponíveis e os conhecimentos sobre qualquer tema, revelando a ineficiência de uma só disciplina – no âmbito acadêmico - explicar os diversos e complexos fenômenos da vida atual (FORTUNATO; CONFORTIN; SILVA, 2013). É nesse contexto que se originou o que se denomina interdisciplinaridade.

Interdisciplinaridade pode ser definida como um processo de integração entre duas ou várias disciplinas ou áreas de conhecimento, com a finalidade de, a partir de um trabalho conjunto, romper com as estruturas de cada uma de modo a obter uma visão unitária e comum do saber. A interdisciplinaridade possibilita a construção do conhecimento de maneira mais abrangente, abrindo as fronteiras de saberes compartimentados, restabelecendo o diálogo entre as áreas de conhecimento e, assim, integrando seus conteúdos. Para tanto, tem-se que estabelecer pontes de comunicação entre as disciplinas que, em geral, estão estruturadas individualmente em seus contextos (SCHOSSLER, 2013). Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais:

O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de

¹ Doutora em Geografia. Docente e coordenadora do curso Técnico em Mecânica Integrado ao Ensino Médio do IFSP - Campus Bragança Paulista. *E-mail:* iara.cury@ifsp.edu.br

² Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais. Docente e coordenador do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFSP - Campus Bragança Paulista. *E-mail:* rubenspantano@ifsp.edu.br

³ Mestre em Engenharia Elétrica. Docente e coordenador do curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio do IFSP - Campus Bragança Paulista. *E-mail:* vitor.garcia@ifsp.edu.br

questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos (BRASIL, 2000, p.75).

A interdisciplinaridade possibilita passar-se de uma concepção fragmentária para uma concepção unitária do conhecimento. No processo, os estudantes são incentivados a estabelecer relações entre os diferentes conteúdos das diversas disciplinas do currículo acadêmico. Sobre essa prática, Bochniak (1998, p. 21) assinala que:

De modo geral, a interdisciplinaridade esforça os professores em integrar os conteúdos da história com os da geografia, os de química com os de biologia ou, mais do que isso, em integrar com certo entusiasmo no início do empreendimento os programas de todas as disciplinas e atividades que compõem o currículo de determinado nível de ensino [...]

Pode-se dizer então que a interdisciplinaridade rompe com o paradigma positivista no ensino, que fragmenta o saber, alimenta a especialização e eclipsa a noção do todo. Não significa que o conhecimento especializado deva ser substituído; na verdade, faz-se necessário uma ligação entre os distintos saberes para que se possa olhar e apreender o conhecimento de forma mais abrangente (PAGLIARINI, 2004). Em outras palavras, a interdisciplinaridade apresenta-se como alternativa para eliminar a fragmentação do saber, promover a interação e as relações entre as diversas áreas do conhecimento (FONSECA et al, 2015). Projetos interdisciplinares tiram os professores do centro do processo, estimulam os educandos a serem atores participativos na construção do conhecimento, propiciam práticas coletivas, dialogadas e solidárias.

Com esse pressuposto de uma visão mais geral da educação, com sentido progressista e libertador, podendo contribuir para a construção de uma escola participativa e decisiva na formação social do indivíduo, o presente artigo objetiva estabelecer um diálogo entre duas áreas de conhecimento da Formação Geral - Ciências Humanas e suas Tecnologias (em particular a Geografia) e Ciências da Natureza e suas Tecnologias (em particular a Física) – com uma disciplina da área técnica, típica dos cursos técnicos em eletroeletrônica, eletrônica etc.

Organizado a partir das experiências docentes dos autores nos cursos técnicos integrados do IFSP – Campus Bragança Paulista, o texto apresenta uma reflexão sobre o tema geração de energia, com possibilidades de interdisciplinaridade para o ensino médio.

Considerações sobre energia

Definir energia não é tarefa das mais simples. Energia é um dos tópicos mais importantes da Ciência e da Tecnologia, tendo relação com os mais variados fenômenos, sejam eles térmicos, mecânicos, elétricos, sonoros, luminosos, biológicos, químicos etc. Usa-se o termo energia para a descrição de eventos dos mais distintos: aquecimento, combustíveis, alimentos, eletricidade, reações químicas, fenômenos biológicos etc. Assim, dada à possibilidade de manifestação da energia nas mais variadas formas, é difícil estabelecer uma definição abrangente, que consiga descrevê-la abarcando todo o largo espectro de possibilidades (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

Apresentando-se nas mais variadas formas, a energia - suas transferências e transformações - participa de todos os processos físicos no Universo, em geral sendo transferida de um sistema a outro ou transformada de uma modalidade em outra. É bastante familiar falar-se em energia elétrica convertendo-se em energia luminosa, mecânica, sonora ou térmica, entre outras possibilidades. A energia proveniente do Sol pode ser convertida em energia térmica ou elétrica, como exemplo, além de ser imprescindível ao desenvolvimento das plantas. Alimentos ingeridos são as fontes de energia para os animais de um modo geral, o homem aí incluído.

Apesar da dificuldade de estabelecer-se uma definição abrangente, que possa caracterizar o termo, pode-se dizer que energia está relacionada – direta ou indiretamente – com movimento ou com a possibilidade de sua ocorrência. Energia sonora tem relação com movimento de partículas, energia luminosa está relacionada ao movimento de uma onda eletromagnética, energia térmica com vibração molecular, energia potencial acumulada em uma mola comprimida pode gerar movimento de um corpo preso a ela, energia potencial gravitacional da água acumulada em uma represa pode ser transformada em energia de movimento (cinética) que, por sua vez, quando da queda, pode ser convertida em energia elétrica etc.

Fisicamente se diz que energia pode ser transferida de um sistema a outro ou transformada de uma modalidade a outra de duas formas básicas: pela realização de trabalho, quando há forças atuantes, ou por transferência de calor, quando há diferença de temperatura entre os corpos ou sistemas envolvidos. Ou seja, trabalho e calor são, fisicamente, duas maneiras de medir-se a quantidade de energia transferida de um sistema a outro ou transformada de uma modalidade em outra. Assim, ao que interessa nessa discussão, destaca-se que trabalho corresponde a certa quantidade de energia transferida ou transformada por ação de força.

De uma maneira simples, quando uma força $\mathbf{F}$ constante age sobre um corpo e provoca nele um deslocamento retilíneo $\Delta\mathbf{x}$, o trabalho realizado pela força é uma grandeza escalar definida por:

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \theta$$

Na expressão, θ é o ângulo formado entre a direção da força e a direção do deslocamento por ela provocado. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza trabalho – portanto também a anergia - é medida em “joules”, simbolizada por “J”.

O conceito de trabalho é mais abrangente, podendo ser calculado para forças variáveis em deslocamentos quaisquer. No entanto, para o escopo desse texto, a definição está posta dessa forma mais simples.

Entendendo assim, considerando W como sendo a quantidade de energia transferida ou transformada pela ação da força, fica fácil perceber que, se a força está sendo aplicada a um corpo por uma pessoa, por exemplo, ela perde energia ao puxar o corpo, sendo que o mesmo objeto adquire energia de movimento (cinética) pela ação da força a ele aplicada. Ou seja, o trabalho, nesse caso, está medindo a quantidade de energia transferida da pessoa para o corpo.

Na Natureza, encontra-se uma classe de forças que tem uma propriedade muito importante: o trabalho realizado por elas independe da trajetória descrita. Também a essa classe de forças associa-se o conceito de energia potencial, a quantidade de energia relacionada à configuração ou posição relativa dos corpos do sistema. Entre elas estão: a gravitacional e a elétrica.

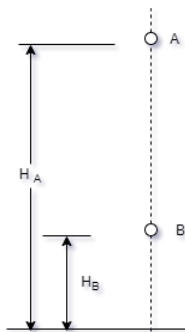
Desse grupo de forças, nesse ponto interessa uma em particular: a força peso (ou gravitacional), a força que atua, por exemplo, sobre todos os corpos imersos no campo gravitacional terrestre.

Considere-se um corpo qualquer, nas proximidades da Terra, portanto imerso em um campo gravitacional $\mathbf{g}$. Considere-se também que, nesse espaço, o corpo seja deslocado de um ponto B até um ponto A, conforme mostra a Figura 1.

Para alturas bem menores que o raio terrestre (≈ 6.400 km), pode-se supor que o campo gravitacional $\mathbf{g}$ seja aproximadamente constante. Portanto, no deslocamento de B até A, o trabalho da força peso $\mathbf{P}$ pode ser calculado da seguinte forma:

$$W = -m \cdot g \cdot (H_A - H_B)$$

Figura 1 – Corpo sob ação da gravidade.



Fonte: autoria própria.

A diferença relacionada ao termo $m \cdot g \cdot H$, ora calculado em B, ora calculado em A, corresponde à variação de uma grandeza física. Por coerência com a definição estabelecida para trabalho, entende-se essa diferença como sendo à variação de uma modalidade de energia, no caso ligada à posição do corpo no campo gravitacional. Dá-se a ela a denominação de energia potencial gravitacional. Portanto, pode-se reescrever o W da força peso da seguinte forma:

$$W = -\Delta E_{pot}$$

Imaginando-se a gravidade constante e a ausência de forças dissipativas, tal qual a resistência oferecida pelo ar, é relativamente simples mostrar que o trabalho da força peso pode ainda ser reescrito como:

$$W = m \cdot \frac{v_B^2}{2} - m \cdot \frac{v_A^2}{2}$$

Observa-se que o trabalho corresponde à variação de uma grandeza que, mais uma vez, por coerência com a definição de trabalho, representa uma modalidade de energia, no caso associada ao movimento do corpo. Diz-se então que o termo $m \cdot \frac{v^2}{2}$ corresponde à energia cinética associada ao corpo em movimento. Assim:

$$W = \Delta E_{cin}$$

Igualando-se as duas expressões obtidas para o trabalho da força peso, tem-se:

$$\Delta E_{cin} = -\Delta E_{pot}$$

A expressão última descreve uma relação importantíssima, traduzindo uma das Leis de Conservação. Ela registra que, na ausência de forças dissipativas (no caso, atritos ou a resistência oferecida pelo ar), a variação da energia potencial de um sistema, para mais ou para menos, corresponde à variação igual de energia cinética, respectivamente, para menos ou para mais. Assim, o ganho de uma implicará numa perda equivalente da outra, ou seja, a soma total das energias cinética e potencial, em qualquer ponto do trajeto, será constante, será conservada.

$$E_{cin} + E_{pot} = constante$$

Entende-se então que, para essa força, o trabalho por ela realizado pode ser acumulado na forma de energia potencial gravitacional e, em um momento posterior, poderá ser devolvido ao sistema na forma de energia cinética ou energia de movimento. É a denominada Lei de Conservação da Energia Mecânica.

A título de exemplificação, considere-se um corpo qualquer atirado para cima. Sabe-se que, na subida, o corpo perde velocidade, pois movimenta-se contra a gravidade, e sua energia cinética, portanto, diminui. No entanto, ao atingir a posição de máxima altura, ele iniciará, em seguida, um movimento de queda e a energia cinética é retornada ao corpo. Vê-se então que, na subida, o corpo foi perdendo energia cinética e acumulando energia potencial gravitacional para, posteriormente, essa mesma energia ser devolvida ao corpo na forma de energia cinética. Não houvesse atrito ou outras forças dissipativas, essa energia seria conservada integralmente, ou seja, o quanto o corpo perde de uma é o quanto ganha de outra modalidade.

Assim é que, também como exemplo, a energia potencial gravitacional da água acumulada em uma represa converte-se em energia cinética durante a queda, sendo, a seguir, transformada em energia elétrica por um dispositivo ou sistema gerador apropriado.

Nesses processos de transferência de energia, há que se caracterizar também a taxa de conversão de energia com relação ao tempo. Para tanto, define-se potência (no caso, a média) associada a essa conversão como sendo a taxa de realização de trabalho ou de transferência de energia em relação ao tempo. Matematicamente:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Pela expressão, a unidade de potência no SI corresponde ao quociente “joule/segundo”, ao qual dá-se a denominação de “watt”, simbolizada por “W”.

Como em todo e qualquer sistema sempre há perdas ou dissipações, ou seja, não existe um sistema ideal em que a conversão ou transferência de energia dá-se a 100%, define-se rendimento ou eficiência (η) de um sistema pelo quociente entre a potência útil dele retirada (ou por ele fornecida) pela potência total recebida por ele antes da conversão. Assim:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$$

Da expressão, percebe-se que rendimento é uma grandeza adimensional, ou seja, sem dimensão. Também pode-se afirmar que, para os sistemas reais, seu valor é sempre inferior a 1 (ou 100%).

Agora sim, com esses conceitos básicos em mente, pode-se seguir em frente para discutir um pouco sobre a geração de energia elétrica nas chamadas usinas hidrelétricas.

Energia elétrica e potencial elétrico

Uma forma de energia cotidianamente presente em qualquer setor da sociedade é a energia elétrica. Ela pode ser observada na agricultura, indústrias, medicina, nas residências, escolas, centros de pesquisa, universidades, supermercados, meios de transporte, entre outras possibilidades. É a responsável pelo aquecimento ou refrigeração de ambientes, pela conservação de alimentos em uma geladeira, pela comunicação ao redor do planeta, pelo transporte de pessoas ou cargas, por salvar vidas em um hospital (por tirar vidas também, quando usada de forma incorreta). Em outras palavras, é responsável pelo modo de vida atual na maior parte do mundo. Onde o homem está, a energia elétrica também está presente.

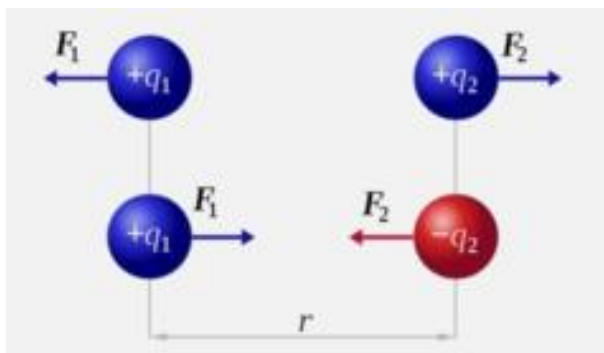
Conforme definição anterior, a energia elétrica também pode ser definida como a habilidade de mover algo, no caso, as partículas eletricamente carregadas. A energia elétrica é um tipo de energia associada a um sistema de corpos carregados, positiva ou negativamente.

Entre partículas ou corpos carregados eletricamente há forças de atração se eles têm cargas elétricas de sinais contrários, e de repulsão, se têm cargas elétricas de mesmo sinal (Figura 2). No caso de partículas, a intensidade das forças trocadas entre elas é dada pela denominada Lei de Coulomb, expressa matematicamente por:

$$F = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

Na expressão, Q_1 e Q_2 representam as cargas elétricas das partículas, r a distância que as separa e k uma constante característica do meio onde elas estão inseridas. Essas forças trocadas também obedecem ao Princípio da Ação e Reação, ou seja, são iguais em intensidade e estão dirigidas na mesma direção e em sentidos contrários.

Figura 2 – interações entre cargas elétricas.



Fonte: toda matéria. **Lei de Coulomb**. 2020. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:For%C3%A7a_eletromagnetica.png. Acessado em: 08 set. 2021.

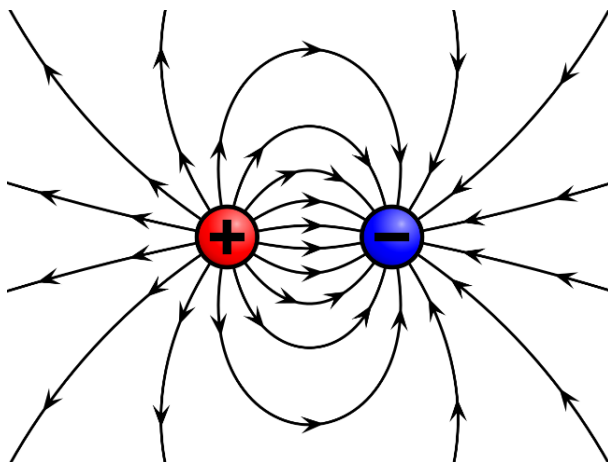
Para descrever as propriedades da região onde ocorrem essas interações elétricas, cria-se o conceito de campo elétrico: uma propriedade do espaço no entorno de corpos (ou fontes) carregados. No caso de uma partícula eletricamente carregada, a intensidade do vetor campo elétrico em um ponto próximo a ela é dada por:

$$E = \frac{F}{|q|} = k \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$

Na expressão, Q representa a carga elétrica da partícula geradora do campo elétrico no ponto e q a carga elétrica de prova (de teste), ou seja, que é submetida à ação do campo elétrico estabelecido pela primeira.

Para facilitar a compreensão do conceito de campo elétrico nas proximidades de elementos eletricamente carregados, utiliza-se as chamadas linhas de força: são linhas imaginárias que, em cada ponto do espaço, são tangentes ao vetor campo elétrico no local. Por convenção, as linhas de campo estão dirigidas do corpo carregado positivamente para o de carga negativa, conforme Figura 3. A maior ou menor proximidade das linhas está relacionada com o fato de o campo ser, respectivamente, mais ou menos intenso na região.

Figura 3 - Campo elétrico ao redor de corpos eletricamente carregados.



Fonte: Geek3. **Campo elétrico de cargas pontuais negativa e positiva.**

Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10568742>.

Acessado em: 30 ago. 2021.

Quando uma dessas partículas é deslocada no campo gerado pela outra, de um ponto A até um ponto B qualquer, o trabalho realizado pela força elétrica entre A e B é dado por:

$$W = k \cdot \left(\frac{Q \cdot q}{r_A} - \frac{Q \cdot q}{r_B} \right)$$

Também por coerência com a definição de trabalho, o termo do segundo membro da igualdade representa a diferença de energia associada à configuração do sistema de partículas, ora na configuração A, ora com na configuração B. Essa energia associada é denominada energia potencial elétrica.

$$E_{pot} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r}$$

Assim, análogo ao que foi visto no caso mecânico, aqui também:

$$W = -\Delta E_{pot}$$

Dessa forma, pode-se dizer que a energia elétrica é, basicamente, a energia potencial associada à posição de um corpo ou partícula

eletricamente carregada quando imersa em um campo elétrico gerado por um segundo corpo (ou partícula).

Em um ponto qualquer da região onde há campo elétrico, a energia potencial elétrica por unidade de carga elétrica é denominada potencial elétrico. Assim:

$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

Da expressão, pode-se verificar facilmente que, ao longo das linhas de força e no seu sentido, o potencial elétrico diminui.

As partículas eletricamente carregadas, quando numa região onde há campo elétrico, portanto, uma diferença de potencial, sofrerão ação de forças e se movimentarão devido a elas. Em um circuito elétrico, por exemplo, a diferença de potencial elétrico aplicada (em geral por uma fonte) é a responsável pela movimentação ordenada das partículas carregadas ao longo do circuito e, por consequência, responsável pelo seu funcionamento. Na medida em que as tais partículas se movem no campo, elas podem ganhar ou perder energia potencial, ou seja, retirando ou fornecendo energia ao circuito.

A diferença de potencial elétrico, dependendo do contexto em que está sendo empregada, pode ser denominada de diversas formas. No meio acadêmico, os termos: força eletromotriz, ddp, tensão elétrica ou simplesmente tensão são utilizados como sinônimos de diferença de potencial, sendo o termo tensão o mais utilizado. Na linguagem coloquial, é comum utilizar-se a expressão voltagem no lugar de tensão. Encontra-se esse termo em descrições de aparelhos ou nos jornais e revistas, no entanto, recomenda-se a utilização da palavra tensão e não voltagem para melhor adequação ao conceito. A unidade da tensão elétrica é o “volt” – simbolizada por “V”. Entre os dois polos de uma pilha comum de lanterna, por exemplo, sabe-se há uma tensão de 1,5 V; a tensão da rede doméstica no Brasil é de 110 V ou 220 V; um motor elétrico deve funcionar com tensão de 380 V.

No caso dos circuitos, ao movimento ordenado de partículas carregadas eletricamente é dada a denominação de corrente elétrica, em geral, representada por I . A unidade de intensidade de corrente elétrica no SI é o “ampère” – simbolizado por “A”.

Matriz elétrica brasileira

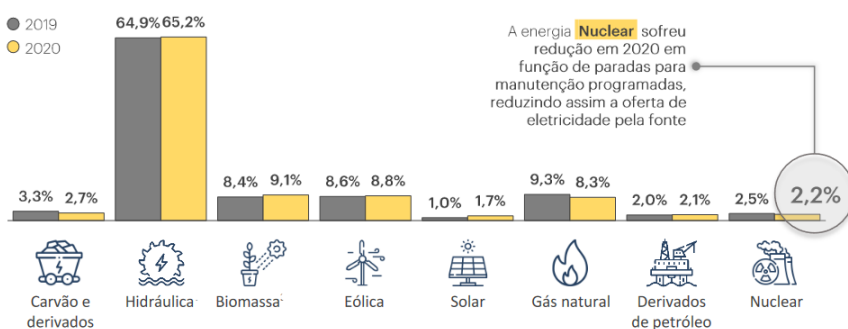
As usinas elétricas são responsáveis por gerar a tensão que é transmitida através de linhas de transmissão até as unidades consumidoras.

A geração e a transmissão da diferença de potencial elétrico permitem que as pessoas utilizem os eletrodomésticos e demais dispositivos eletrônicos em suas casas, o funcionamento dos motores, máquinas e equipamentos das indústrias, bem como de todos os outros equipamentos elétricos e eletrônicos utilizados nos vários setores da sociedade.

A totalidade da energia elétrica gerada no Brasil corresponde a sua matriz elétrica, que é formada por todas as fontes disponíveis apenas para a geração desse tipo de energia. A matriz elétrica faz parte da matriz energética, que é o conjunto de todas as fontes de energia do país.

A matriz elétrica brasileira é composta principalmente por fontes renováveis, sendo a maior parte dessa energia proveniente de hidrelétricas, correspondendo a 65,2% da capacidade instalada. Em seguida, tem-se a geração através de termelétricas (carvão e derivados, biomassa, gás natural e derivados de petróleo), que representa 22,2% da capacidade instalada. O restante da matriz provém de usinas eólicas, solar e nuclear. A Figura 4 representa a distribuição da geração de energia elétrica no Brasil, segundo as diferentes fontes.

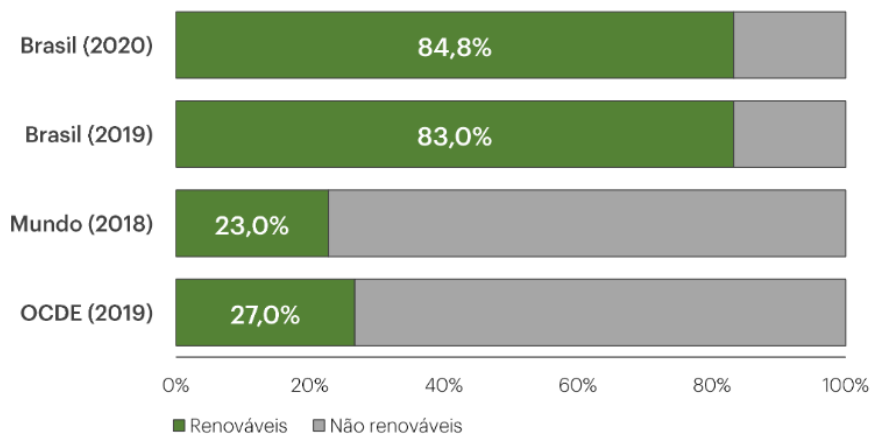
Figura 4 - Matriz Elétrica Brasileira 2019.



Fonte: EPE (2021).

Vale ressaltar que, apesar do baixo investimento governamental em fontes alternativas de energia, a energia eólica e solar apresentaram um aumento significativo nos últimos anos. A Figura 5 apresenta a porcentagem de energia renovável e não renovável na composição da matriz elétrica brasileira e mundial.

Figura 5 - Composição de energia renovável e não renovável na matriz elétrica brasileira e mundial.



Fonte: EPE (2021).

Setor energético brasileiro

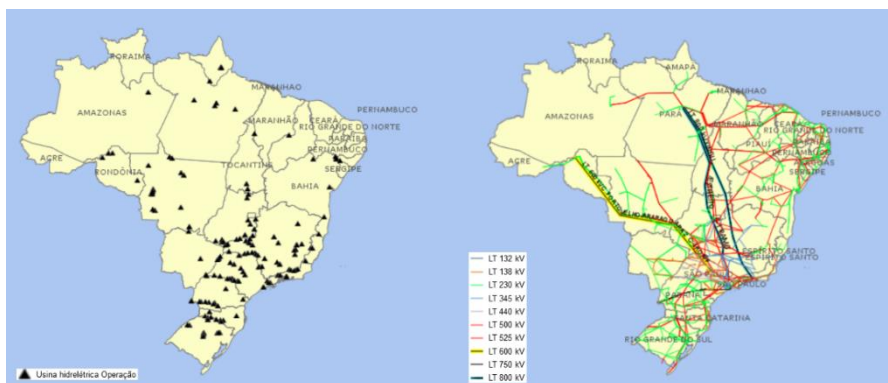
Para que a energia elétrica esteja disponível aos consumidores finais, sejam eles os setores: residencial, industrial, público, comercial, transportes, agropecuário ou energético, é necessária a geração, transmissão, distribuição e comercialização dessa energia. Essas funções são realizadas por empresas que compõem o setor energético brasileiro. O Setor Energético Brasileiro é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A agência tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal.

De uma maneira mais simples, pode-se dizer que a geração é feita por empresas que são as responsáveis por produzir a energia elétrica e disponibilizá-la para o sistema de transmissão e distribuição. Atualmente, o país possui 9.515 empreendimentos de geração de energia, segundo o Relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, agosto de 2021).

As empresas transmissoras são responsáveis por transportar grandes quantidades de energia provenientes dos centros geradores para os centros consumidores; para isso são utilizadas redes de transmissão que operam em tensão superior a 230 kV, podendo chegar a 800 kV. Ao se aproximar dos centros consumidores, a tensão elétrica é diminuída por subestações para que seja iniciado o processo de distribuição. A Figura 6 apresenta a Rede

Básica de Transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), sistema responsável pela produção e transmissão de energia elétrica no Brasil.

Figura 6 - Mapa do Sistema de Transmissão (direita) e usinas hidrelétricas (esquerda).



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Mapa Dinâmico do SIN, fornecido pelo ONS.

No Brasil, as empresas distribuidoras recebem a energia proveniente do sistema de transmissão, realizam o seu rebaixamento e distribuem entre os diversos consumidores finais. O sistema de distribuição opera com alta tensões (de 69 kV a 230 kV), média tensão (entre 1 kV e 69 kV) e baixa tensão (inferior a 1 kV). Segundo a ANEEL, existem atualmente 105 distribuidoras de energia elétrica, sendo 54 concessionárias, 38 permissionárias e 13 cooperativas de eletrificação rural. Além disso, o sistema energético possui empresas autorizadas a realizar a comercialização da energia, chamadas de agentes de comercialização, atuando como intermediários entre usinas e consumidores, comprando e vendendo energia elétrica no mercado.

Usinas hidrelétricas

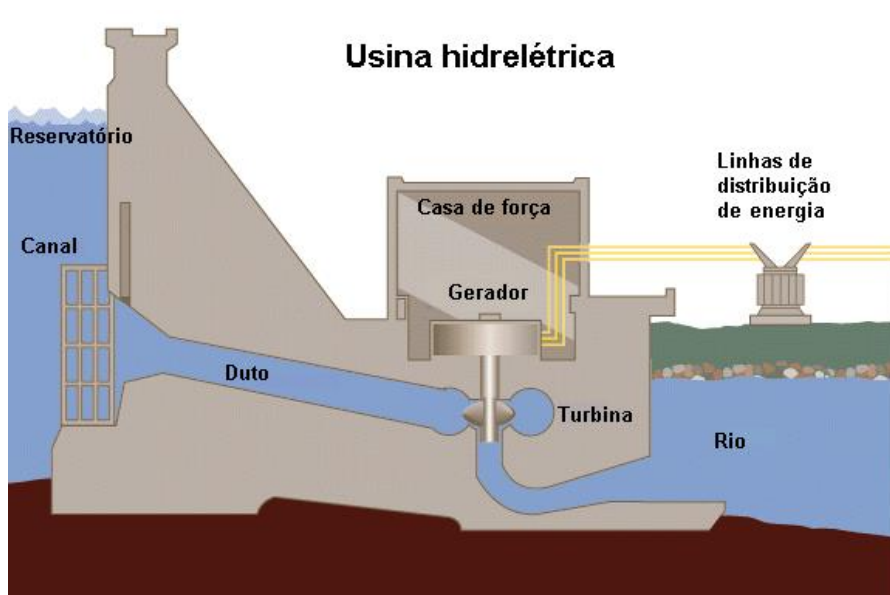
A geração da energia elétrica é feita por turbinas geradoras presentes nas usinas elétricas, sejam elas usinas hidrelétricas, termoeletricas, nucleares ou eólicas. Os geradores são responsáveis por transformar a energia mecânica (de movimento) em energia elétrica.

Basicamente, uma usina hidrelétrica de barragem é composta pelo reservatório, turbina e gerador, conforme mostrado na Figura 7. São duas as funções do reservatório de água: acumular água para quando houver

diminuição da vazão do rio e aumentar o desnível entre a água e a turbina, aumentando assim a energia potencial armazenada. A água, ao percorrer o canal e o duto, faz girar a turbina. O gerador, acoplado à turbina através de seu eixo, é responsável por produzir a energia elétrica. A tensão elétrica produzida é então elevada por transformadores e transmitida aos centros consumidores pelo sistema de transmissão.

A capacidade de produção de energia hidráulica de uma usina hidrelétrica pode ser calculada de forma simplificada a partir do desnível hidráulico (h) e a vazão da água (Q). O desnível hidráulico é medido entre a superfície da água no reservatório e a turbina, a vazão é a quantidade de água disponível por unidade de tempo para girar a turbina.

Figura 7 - Esquema de uma usina hidrelétrica.



Fonte: Barragem hidrelétrica. 2005. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=176265>. Acessado em: 30 ago. 2021.

Para calcular a potência hidráulica (P_h) de uma represa utiliza-se a expressão:

$$P_h = h \cdot Q \cdot g \cdot \eta$$

Na equação P_h é dado em kW, h em metros, Q em m^3/s , $g \simeq 9,8m/s^2$ e η o rendimento hidráulico do sistema (da ordem de 90 a 99% em sistemas turbina-geradores modernos).

Como exemplo, pode-se estimar a potência hidráulica da Usina Hidrelétrica de Itaipu (Figura 8). Segundo dados da Itaipu Binacional, cada turbina possui um desnível aproximado de $h = 120$ m e uma vazão $Q = 690$ m^3/s . A eficiência dos sistemas hidráulicos gira em torno de $\eta = 90\%$. Utilizando esses valores aproximados, obtém-se uma potência hidráulica de $P_h = 730$ MW por turbina, muito próximo da potência nominal gerada (700 MW).

Figura 8 - Usina Binacional de Itaipu.



Fonte: Jonas de Carvalho. **Itaipu**. 2011. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=76038827>. Acessado em: 30 ago. 2021.

Devido às suas características geográficas, com planaltos e rios caudalosos que percorrem grandes desníveis, o Brasil configura-se como o terceiro maior produtor de energia hidrelétrica do mundo. No país, as usinas elétricas de grande porte são hidrelétricas com barragens, como a Usina Binacional de Itaipu que já foi considerada a maior usina hidrelétrica do mundo, sendo atualmente a segunda em produção de energia.

Tabela 1 – As cinco maiores hidrelétricas do mundo.

Hidrelétrica	Localização	Recurso	Produção (MW)	Conclusão
Três Gargantas	Província de Hubei (China)	Bacia do Rio Yang-tsé	22.500	2012
Itaipu	Brasil e Paraguai	Bacia do Rio Paraná (PR)	14.000	1984
Xiluodu	Província de Sichuan (China)	Curso superior do Rio Jinsha	13.860	2014
Belo Monte	Brasil	Bacia do Rio Xingu (PA)	11.233	
Guri	Venezuela	Bacia do Rio Caroni	10.200	1986

Fonte: organizada pelos autores, a partir de Mundo OEC, 2020.

Reflexões para um diálogo interdisciplinar

*O homem chega já desfaz a natureza,
Tira gente, põe represa, diz que tudo vai mudar
Sá e Guarabira*

No Brasil, a produção de energia elétrica ganhou importância com o processo de industrialização nos anos 1950 e 1960. Com o Plano de Metas 1 (1956-1961), pelo governo Juscelino Kubitschek, aumentou-se a demanda por energia e a política passou a priorizar a produção energética através da construção de usinas hidrelétricas. Esse tipo de modelo energético implantado no país, consubstanciado na construção de grandes usinas hidrelétricas, causou sérios prejuízos ao meio ambiente e às populações atingidas (MENDES, 2005).

Por décadas o Brasil carregou o “orgulho” de ter a maior hidrelétrica do mundo, fazendo de Itaipu uma referência mundial na capacidade de geração de energia num país em pleno processo de crescimento urbano. Entretanto, a grandiosidade de Itaipu e a quantidade de outras usinas distribuídas no território brasileiro causou inúmeros impactos socioambientais que podem ter sido negligenciados nos registros das obras ou até mesmo nos programas governamentais de gestão dos recursos hídricos.

Classificada como “energia limpa e renovável”, as usinas hidrelétricas estão longe de ser soluções definitivas para a crescente demanda de energia no mundo e o tema tem suscitado debates sobre as relações de custos x benefícios nas populações atingidas pelas barragens. Se por um lado a matriz energética brasileira destaca-se no contexto mundial por ter alta porcentagem de utilização de recursos renováveis, por outro, os impactos ambientais causados pelas usinas hidrelétricas somente podem ser compreendidos se estiverem caracterizados no próprio processo de produção do espaço, ou seja, na forma como o homem interage com a natureza, produzindo cultura sobre ela, alterando-a caracterizando essa relação social.

Para os poetas Sá e Guarabira (1977) essa relação está claramente explicitada ao afirmarem que “o homem chega já desfaz a natureza, tira gente põe represa, diz que tudo vai mudar”. O trecho da famosa música “Sobradinho”, escrita no final da década de 1970, como forma de protesto contra construção da barragem no Rio São Francisco, no interior da Bahia, certamente representa um marco cultural na abordagem das questões ambientais inerentes à construção de hidrelétricas no Brasil.

Assim é que, nesse contexto da interdisciplinaridade, a contribuição da disciplina Geografia, por exemplo, não deve furtar-se da possibilidade de suscitar nos estudantes questionamentos sobre as formas como a sociedade produz seu espaço e cria as condições de reproduzi-lo, considerando suas temporalidades históricas. No que diz respeito a essa matéria – assim como nas demais - levantar questionamentos que contribuam para uma prática interdisciplinar pode ser o início de um trabalho que busca romper com as barreiras, para que se tenha então uma visão do todo, em uma atitude de representações e reflexões, bem como coloca Moreira (2004, p. 22):

A geografia pode ser definida como a atitude de representação e reflexão analíticas do homem-no-mundo, a partir do modo como este nele organiza sua relação com a sociedade e a natureza - portanto consigo mesmo - no vir-a-ser do processo Marxismo e Geografia evolutivo da história. Refere-se, pois, à contextualidade e existencialidade - diremos à geograficidade - espacial do homem no mundo, condição que difere aqui e ali de acordo com as estruturas da história.

Ampliando o espectro para o conjunto das disciplinas curriculares, considera-se que, no desafio do trabalho interdisciplinar, é necessário que o professor - seja de qualquer das áreas de conhecimento - tenha consciência de que seu método de trabalho é indissociável da representação social que ele desenvolveu ao longo de suas relações sociais.

Considerações finais

No contexto das disciplinas escolares no ensino médio, reflexões sobre o tema geração de energia devem buscar compreender o fenômeno e suas características, com vistas ao processo de produção do espaço de forma interdisciplinar. Hartmann e Zimmermann (2006) assinalam que colocar em prática a interdisciplinaridade não é tarefa fácil. Capacitar os estudantes para que possam enfrentar problemas de diferentes naturezas, melhor argumentar, posicionar-se de forma mais crítica em torno de questões abrangentes da atualidade e ampliar as capacidades de comunicação, exige um esforço conjunto e contínuo dos docentes para vencer as barreiras das disciplinas impostas no currículo.

Pensando na interdisciplinaridade, para o tema geração de energia, quais são as contribuições das disciplinas que abordam esse tema? Como devem ser selecionados os conteúdos e de que forma deverão estar articulados com os demais componentes? Para esses questionamentos é fundamental reconhecer que é a representação social do docente que vai direcionar a forma como desenvolverá seu trabalho interdisciplinar, para o qual é necessário que ele estabeleça relações claras e objetivas, que possam, a partir da sua disciplina, contribuir para uma formação mais crítica a respeito dos temas curriculares.

Pretendeu-se destacar nesse artigo que os conceitos da física, os aspectos técnicos da geração de energia, a localização e os impactos provocados pelas maiores hidrelétricas do mundo são fundamentais para a construção do conhecimento. No entanto, não devem de forma alguma assumir a centralidade do processo de ensino aprendizagem.

A partir da perspectiva da interdisciplinaridade é possível construir conhecimentos que permitam estudantes de ensino médio ampliar sua capacidade de interpretação da realidade. Especialmente no momento em que assistimos ao grave problema da diminuição dos reservatórios de água, os sucessivos períodos de estiagem nas bacias hidrográficas no sudeste brasileiro, o aumento do custo para geração e distribuição de energia, é que nos debruçamos sobre a presente temática de forma interdisciplinar.

Referências

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relação de empreendimentos de Geração – Usinas e Centrais Geradoras em operação.** Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/relacao-de-empresendimentos-de-geracao>. Acessado em: 20 ago. 2021

BOCHNIAK, R. **Questionar o conhecimento:** interdisciplinaridade na escola. 2ª Ed. São Paulo: Loyola, 1998.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio:** bases legais. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2021:** Ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em 20 ago 2021.

FONSECA, L. M. B. et al. A Interdisciplinaridade e o Trabalho Docente: uma perspectiva dialógica nos anos iniciais do ensino fundamental. In: **XII Congresso Nacional de Educação**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2015.

FORTUNATO, R.; CONFORTIN, R.; SILVA, R. T. da. Interdisciplinaridade nas Escolas de Educação Básica: da retórica à efetiva ação pedagógica. **REI – Revista de Educação do IDEAU**, v. 8, n. 17, p. 1-15, jan – jun 2013.

HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E. Razões para uma abordagem interdisciplinar no Ensino Médio. In: **IV Encontro de Pesquisa da Pós-Graduação e II Semana de Pedagogia**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006a, p. 1-12. 1 CD ROM.

MENDES, N. A. S. **As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana - Euclides da Cunha Paulista**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, 2005.

MOREIRA, Ruy. Marxismo e Geografia: a Geograficidade e o diálogo das Ontologias. **GEOgrafia**, ano 6, n. 11, 2004.

MUNDO OEC. **5 Maiores hidrelétrica do mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.oec-eng.com/mundooc/pt-br/obras-e-projetos/5-maiores-hidreletricas-do-mundo>. Acessado em: 16 ago. 2021.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Mapa Dinâmico do SIN**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 20 ago. 2021.

PAGLIARINI, E. de C. M. **A formação docente para o trabalho interdisciplinar no ensino superior**. 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado

em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2004.

SÁ, L. C. P. de & GUARABIRA, G. N. **Sobradinho**. 1977. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/sa-guarabyra/356676/>. Acesso em: 20 set. 2021.

SCHOSSLER, D. C. **Projetos Interdisciplinares visando à formação de alunos pesquisador**. 2013. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2013.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR., J. W. **Princípios de Física – Mecânica Clássica e Relatividade**. v. 1. 5ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

A cicloide e o movimento composto: simulações no plano inclinado

Cláudio Sérgio Sartori⁴

Irval Cardoso de Faria⁵

Introdução

Na composição de movimentos de translação e rotação podemos obter a trajetória de uma cicloide para o movimento de um ponto de um sólido que descreve MCU (movimento circular e uniforme) e seu centro de massa **G** possui velocidade constante (SARTORI; FARIA, 2021).

Estudos das cicloides, em particular a curva denominada braquistócrona, foram apresentados em um artigo de Sartori e Faria (2020), no qual foi demonstrado através de cálculos teóricos para diferentes curvas o cálculo da velocidade com a qual uma partícula atinge um ponto determinado, depois de solta de uma altura h , percorrendo uma trajetória cicloide, até atingir um outro ponto B . Mostrou-se no artigo que a velocidade desenvolvida na cicloide denominada braquistócrona é superior à velocidade descrita para outras curvas e planos inclinados, com ângulos de inclinação inferiores a $63,43^\circ$.

Neste trabalho, conforme descrito nas conclusões de Sartori e Faria (2020), mostraremos os resultados obtido por meio de experimentos realizados nos laboratórios da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – FATEC Sorocaba. Tais práticas experimentais foram realizadas em diferentes cicloides, com o auxílio do aparato apresentado na Figura 1, na qual podemos ver as diferentes curvas em que foram realizados os experimentos. Foi utilizado como plano inclinado (curva 1 da Figura 1) uma reta com inclinação de $63,43^\circ$, pois nossos cálculos teóricos indicam que a partir desse ângulo de inclinação a velocidade no plano inclinado supera a velocidade nas demais cicloides.

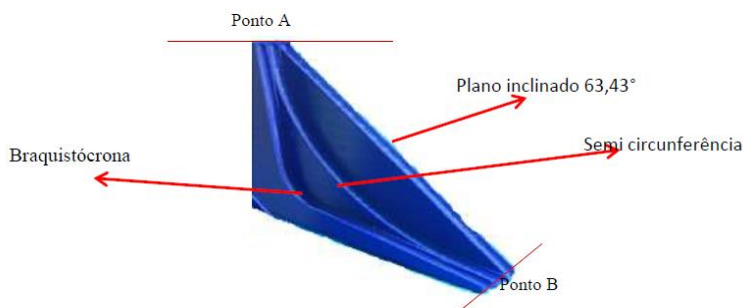
Do ponto superior de cada curva (ponto A), foram soltos, simultaneamente, corpos de provas (esferas idênticas) e foram

⁴ Doutor em Ciências pela Unicamp. Docente na UNIP – campus Sorocaba e na Fatec Sorocaba. *E-mail:* claudio.sartori@fatec.sp.gov.br

⁵ Doutor em Ciências pela Unicamp. Docente na UNIP – campus Sorocaba e na Fatec Sorocaba. *E-mail:* irval.faria@fatec.sp.gov.br

cronometrado os tempos que demoram para percorrer cada trajetória até atingir o ponto B.

Figura 1 - Cicloides utilizadas nos experimentos.



Fonte: autoria própria.

Trataremos agora de apresentar cada cicloide e os resultados experimentais obtido para cada uma.

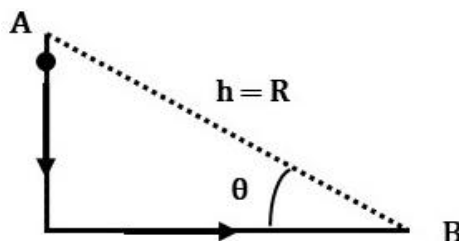
Simulações realizadas: Trajetória do corpo: de A(0,0) à B(d, -R)

$$d = \sqrt{2 \cdot g \cdot R} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R}{g}} = 2R$$

1 Movimento de Queda Livre

Movimento de queda livre de uma altura $h = R = 100$ m e posterior movimento retilíneo uniforme (MRU) com velocidade $v_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot R}$:

Figura 2 – Corpo em queda livre.



Fonte: autoria própria.

$$d = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = 2h$$

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{se } t \leq \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \\ \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \left(t - \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \right) & \text{se } t > \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \end{cases}$$

$$y(t) = \begin{cases} -g \cdot \frac{t^2}{2} & \text{se } t \leq \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \\ -h & \text{se } t > \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \end{cases}$$

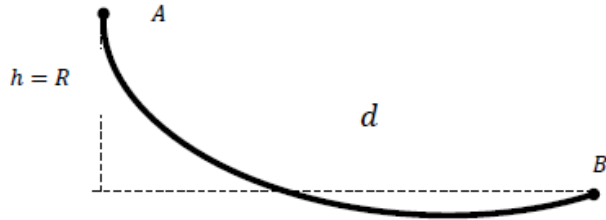
Tempo de queda livre:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \Leftrightarrow h = R = 100 \text{ m} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{9,81}} \Leftrightarrow t = 4,515 \text{ s}$$

2 Movimento na Braquistócrona

Movimento sobre a cicloide (braquistócrona): A(0, 0) à B(d, -R)

Figura 3 – Cicloide (braquistócrona).



Fonte: autoria própria.

$$\begin{cases} x(t) = R \cdot (\omega \cdot t - \sin(\omega \cdot t)) \\ y(t) = -R \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t)) \end{cases} \quad \text{sendo} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

$$p = \theta = \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] \Leftrightarrow \theta = 0,3132 \cdot t \Leftrightarrow R = 100 \Leftrightarrow B\left(\frac{R}{2}, -R\right)$$

$$x(t) = R \cdot \left(\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t - \sin \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] \right) \quad \text{e} \quad y(t) = -R \cdot \left(1 - \cos \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] \right)$$

Para:

$$y = -R \Leftrightarrow -R = -R \cdot \left(1 - \cos \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] \right) \Leftrightarrow -1 + \cos \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] = -1$$

$$\Leftrightarrow \cos \left[\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t \right] = 0$$

$$\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t = \frac{\pi \cdot (2 \cdot n + 1)}{2} \Leftrightarrow n = 0, 1, 2, \dots$$

$$n = 0 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{R}{g}} \cdot \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{100}{9,81}} \cdot \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow t_1 = 5,015 \text{ s}$$

É o tempo que a partícula atinge a posição $y = -R$ na braquistócrona.

Espaço percorrido na braquistócrona:

$$\vec{r}(t) = x(t) \cdot \hat{i} + y(t) \cdot \hat{j}$$

$$\Delta s = \int_A^B |\vec{r}(t)| dt \Leftrightarrow \Delta s = \int_0^t \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2} dt$$

$$\Delta s = \int_0^t \sqrt{R^2 \cdot (\omega \cdot t - \sin(\omega \cdot t))^2 + R^2 \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t))^2} dt$$

$$\Delta s = R \cdot \int_0^t \sqrt{\omega^2 \cdot t^2 - 2 \cdot \omega \cdot t \cdot \sin(\omega \cdot t) + \sin^2(\omega \cdot t) + 1 - 2 \cdot \cos(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t)} dt$$

$$\Delta s = R \cdot \int_0^t \sqrt{\omega^2 \cdot t^2 - 2 \cdot \omega \cdot t \cdot \sin(\omega \cdot t) - 2 \cdot \cos(\omega \cdot t) + 2} dt$$

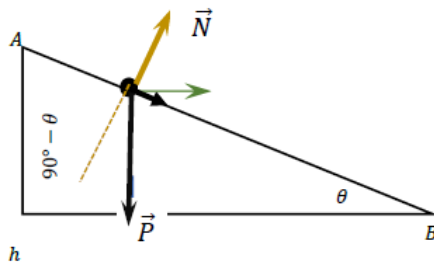
$$\Delta s = R \cdot \int_0^{t_1 = 5,015 \text{ s}} \sqrt{\omega^2 \cdot t^2 - 2 \cdot \omega \cdot t \cdot \sin(\omega \cdot t) - 2 \cdot \cos(\omega \cdot t) + 2} dt = 100,13839$$

$$\Delta s = 138,39 \text{ m}$$

3 Movimento sobre um Plano Inclinado com ângulo θ em relação à direção horizontal

$$\mathbf{d} = R/2 \text{ e } \mathbf{h} = R - A(0,0) \text{ e } B(d, -h)$$

Figura 4 – Movimento no plano inclinado.



Fonte: autoria própria.

$$\begin{cases} N = P \cdot \cos \theta \\ m \cdot a = P \cdot \sin \theta \Leftrightarrow a = g \cdot \sin \theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = g \cdot \sin \theta \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \\ \frac{d^2y}{dt^2} = g \cdot \sin \theta \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = g \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta & \frac{dx}{dt} = g \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot t \\ \frac{d^2y}{dt^2} = g \cdot \sin \theta \cdot \sin \theta & \frac{dy}{dt} = g \cdot \sin^2 \theta \cdot t \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} x(t) = g \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot \frac{t^2}{2} \\ y(t) = g \cdot \sin^2 \theta \cdot \frac{t^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow y = \tan \theta \cdot x$$

$$\tan \theta = \frac{R}{R/2} \Leftrightarrow \theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{d} \right) = \tan^{-1} 2 \Leftrightarrow \theta = 63,43^\circ \Leftrightarrow \theta = 1,107 \text{ rad}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \Leftrightarrow v = \sqrt{(g \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot t)^2 + (g \cdot \sin^2 \theta \cdot t)^2}$$

$$v = \sqrt{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta} \cdot g \cdot t \cdot \sin \theta \Leftrightarrow v = g \cdot t \cdot \sin \theta$$

De acordo com a conservação da energia mecânica, assumindo energia potencial nula em $y = -R$:

$$E_{M_A} = E_{M_B} \Leftrightarrow \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot R \Leftrightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot R}$$

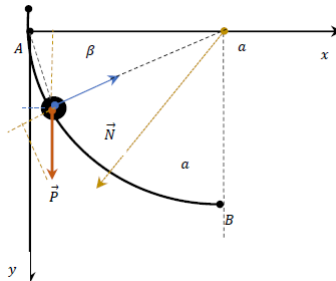
$$v = g \cdot t \cdot \sin \theta = \sqrt{2 \cdot g \cdot R} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot R}{g \cdot \sin^2 \theta}}$$

$$\theta = 63,43^\circ \Leftrightarrow \theta = 1,107 \text{ rad} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{9,81 \cdot \sin^2 63,43^\circ}} \Leftrightarrow t = 5,048 \text{ s} \Leftrightarrow x = 50 \text{ m}$$

$$\Delta s = \sqrt{x^2 + y^2} \Leftrightarrow \Delta s = \sqrt{50^2 + 100^2} \Leftrightarrow \Delta s = 111,803 \text{ m}$$

4 Movimento sobre um quarto de circunferência de raio $a = R$.

Figura 5 – Movimento sobre um quarto de circunferência.



Fonte: autoria própria.

$$0 \leq \beta \leq \frac{\pi}{2}$$

$$x = a - a \cdot \cos \beta$$

$$y = -a \cdot \sin \beta$$

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = N \cdot \sin \beta$$

$$m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = P - N \cdot \cos \beta$$

$$m \cdot \frac{v^2}{a} = N - P \cdot \sin \beta$$

$$m \cdot a_t = P \cdot \cos \beta \Leftrightarrow m \cdot a \cdot \frac{d^2 \beta}{dt^2} = m \cdot g \cdot \cos \beta$$

$$\Delta s = a \cdot \beta$$

$$\frac{d^2 \beta}{dt^2} = \frac{g}{a} \cdot \cos \beta$$

Resolvendo numericamente^[rã] essa equação diferencial para $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ e $a = 100 \text{ m}$, no intervalo $0 \leq t \leq 6 \text{ s}$:

$$\beta(t) = -1,57063 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{16,6784}t\right) + 1,57063$$

$$x = a - a \cdot \cos \beta \Leftrightarrow x = a - a \cdot \cos\left(-1,57063 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{16,6784}t\right) + 1,57063\right)$$

$$x(t) = a \cdot \left(1 - \cos\left(-1,57063 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{16,6784}t\right) + 1,57063\right)\right)$$

$$y = -a \cdot \sin \beta \Leftrightarrow y(t) = -a \cdot \sin\left(-1,57063 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{16,6784}t\right) + 1,57063\right)$$

- Condições iniciais:

$$t = 0, \beta = 0, \frac{d\beta}{dt} = 0; N = 0; \beta = \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow N = 3 \cdot m \cdot g$$

Espaço percorrido em $t = 5,015 \text{ s}$:

$$\Delta s = a \cdot \beta(t)$$

$$\Delta s = 100 \cdot \left(-1,57063 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{16,6784}5,015\right) + 1,57063\right)$$

$$\Delta s = 206,244 \text{ m}$$

Simulações realizadas com o uso de dados experimentais

$$A(0, 0) \text{ e } B\left(\frac{R}{2}, -R\right); h = R = -100 \text{ m}, g = 9,81 \text{ m/s}^2;$$

Estes gráficos mostram a evolução temporal e espacial para as diferentes trajetórias. Ressalta-se que se tratam de corpos idênticos, abandonados simultaneamente no ponto A das diferentes cicloides, como mostrado pela Figura 6.

Aqui descrevemos o experimento para um semicírculo, uma braquistócrona e uma reta específica, ou seja, um plano inclinado a um ângulo de $63,43^\circ$.

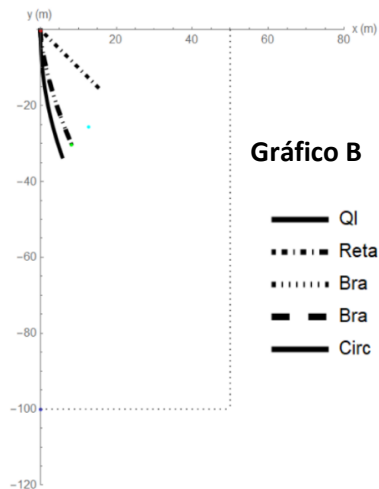
O motivo da escolha do plano inclinado a $63,43^\circ$ deu-se porque a partir desta inclinação, para maiores valores, a velocidade começa a ser superior à velocidade descrita pela braquistócrona.

Figura 6 - Evolução da trajetória das partículas.

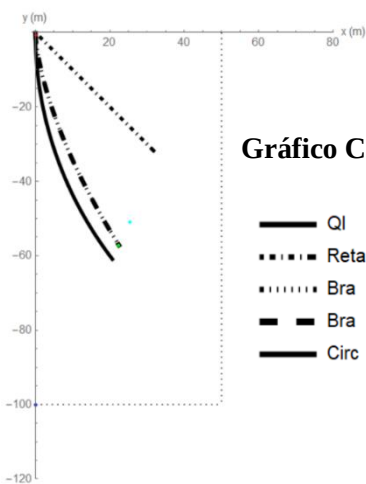
$t = 0 \text{ s}$



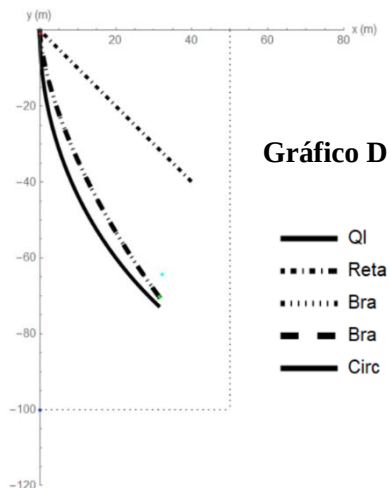
$t = 2,551 \text{ s}$



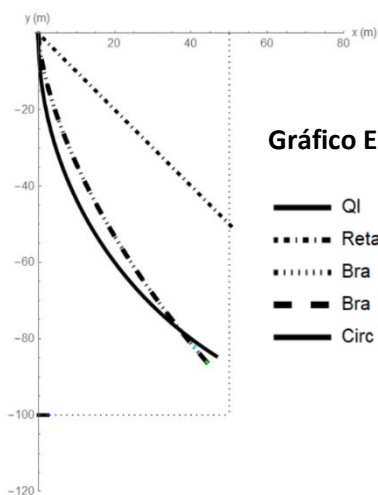
$t = 3,601 \text{ s}$



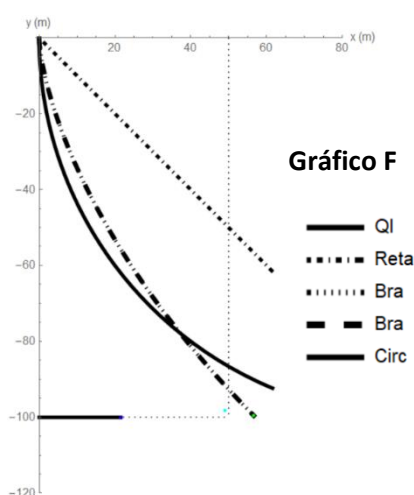
$t = 4,051 \text{ s}$



$t = 4,571 \text{ s}$



$t = 5,001 \text{ s}$



Fonte: autoria própria.

A partir das análises de dados experimentais destes gráficos, foi elaborada a Tabela 1, a seguir, que mostra o intervalo de tempo e o espaço percorrido para as diferentes curvas.

Tabela 1 - Diferentes valores de espaço e tempo para diferentes curvas, do início ao final da trajetória.

Altura da rampa $h = 100 \text{ m}$				
Curva	$\Delta t \text{ (s)}$	$\Delta s \text{ (m)}$	x (m)	y (m)
Plano inclinado $\beta = 63,43^\circ$	5,051	111,803	50	-100
Braquistócrona	5,015	138,390	57,07	-100
Semicircunferência	6,001	206,244	100	-100

Fonte: autoria própria.

Algoritmo utilizado

Para uma melhor análise dos dados obtidos experimentalmente foi desenvolvido um algoritmo, no *software* Mathematica, que possui coerência com nossos resultados obtidos em laboratório.

Conclusão

Em publicações anteriores, mostramos as diferentes velocidades para diferentes trajetórias denominadas cicloides. Pela análise da sucessão de dados, compilados e apresentados nos gráficos de A à F, podemos verificar experimentalmente que a curva denominada braquistócrona imprime uma maior velocidade para a partícula, fazendo com que ela alcance o ponto final da trajetória em um intervalo de tempo menor do que nas demais cicloides.

Com o uso do plano inclinado, podemos mostrar (curva denominada como reta, nos gráficos de **A** à **F**) que para ângulos superiores a $63,43^\circ$ a partícula começa a ter uma velocidade maior, no plano inclinado que nas demais cicloides. Isto ocorre para este ângulo limite, por estarmos nos aproximando de um corpo em queda livre, onde a trajetória se resume à sua altura percorrida (eixo y).

Para corroborar com os nossos trabalhos experimentais foi desenvolvido um algoritmo, no *software* Mathematica, que coaduna com nossos resultados obtidos em laboratório.

Referências

MAC TUTOR. **The brachistochrone problem**. Disponível em: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/HistTopics/Brachistochrone/>. Acessado em: 05 out. 2020.

SARTORI, C. S.; FARIA, I. C. A cicloide e o movimento composto. In: OLIVEIRA, M. N.; GOMES, R. R.; PANTANO FILHO, R. (Orgs.). **Matemática e Ciências: ensino, pesquisa e extensão**. Salto: FoxTablet, 2021. p. 117-132.

SARTORI, C. S.; FARIA, I. C. Movimento composto de uma roda sem deslizar. In: FRANCO, G.; OLIVEIRA, K. C.; PANTANO FILHO, R. (Orgs.). **Educação, Ciência e Tecnologia**. Salto: Salto: FoxTablet, 2020, p. 85-96.

WOLFRAM COMPUTATION MEETS KNOWLEDGE. **Wolfram Mathematica**. Disponível em: <https://www.wolfram.com/mathematica/>. Acessado em: 14 set. 2020.

WOLFRAM DEMONSTRATIONS PROJECT. **The Great Brachistochrone Race**. Disponível em: <https://demonstrations.wolfram.com/TheGreatBrachistochroneRace/#popup1>. Acessado em: 05 out. 2020.

Redes Neurais Artificiais: ideias básicas no Ensino Médio

José Eduardo Colle⁶

Walter Martins Rodrigues⁷

William Rodrigues da Silva⁸

1 Introdução

A inteligência artificial está bastante presente em nosso cotidiano e com certeza pode nos ajudar com a criação de ambientes de ensino e aprendizagem personalizados, permitindo que plataformas interativas e tutores inteligentes possam guiar os estudantes em sua jornada de desenvolvimento. Assim, o uso da inteligência artificial como ferramenta de aplicação de estratégias de aprendizado pode ter um relevante papel na nova educação e na escola de modo mais amplo. De modo geral, esses sistemas são produzidos por programação e disponibilizam conteúdos que passam antes por uma curadoria. Ao interagir com a plataforma, os estudantes têm acesso a esses conteúdos e podem interatuar na própria plataforma.

Nesse capítulo, queremos tratar de outro aspecto: o de difundir o conhecimento sobre elementos da inteligência artificial como estratégia de contextualização do ensino de matemática com uma base interdisciplinar.

De acordo com Kovacz (2006) e Silva et al (2010), a inteligência artificial (IA) é um conceito de certa forma simples e muito abrangente. De modo geral podemos resumir a IA de forma bem sintética como um conceito que se refere a máquinas capazes de executar tarefas de um modo que consideramos “inteligente”. *Machine Learning* (aprendizado de máquinas em tradução livre) é a aplicação baseada na ideia de darmos dados às máquinas e deixar elas aprenderem por elas mesmas.

As redes neurais artificiais são um tipo de *Machine Learning*. A característica mais marcante das redes neurais é sua estruturação semelhante à rede de neurônios em nosso cérebro, de acordo com Kovacz (2006). São

⁶ Mestre em Matemática. Professor no Colégio Pentágono 0064 - Unidade Morumbi/SP. *E-mail*: jecolle@gmail.com

⁷ Pós-Doutor em Matemática. Docente na Universidade Federal Rural do Semi-Árido/RN. *E-mail*: warterm@ufersa.edu.br

⁸ Licenciado em Matemática. Docente na Rede Estadual de Ensino/SP. *E-mail*: william.rodrigues.wgh@gmail.com

sistemas compostos por vários nós que se interconectam em diversas ramificações. As redes neurais aprendem por meio da atualização e ampliação desses laços e interconexões.

A proposta desse escrito é descrever estratégias para trabalhar conceitos tratados no ensino médio para compreensão mais profunda do funcionamento das redes neurais artificiais. Inicialmente tratamos de aspectos básicos que caracterizam as redes neurais artificiais, que em síntese têm muitos elementos de automatização da tarefa de multiplicar e, finalmente, damos uma contribuição propondo a simulação de um algoritmo de uma rede neural artificial *perceptron* (modelo mais simples e com apenas uma camada), permitindo interpretações dos descritores das redes neurais artificiais.

2 Um pouco da história das RNAs

Rede neural artificial é um tipo de sistema de algoritmos que busca a identificação por intermédio de estratégias baseadas em meios observados na rede neural biológica. Seu objetivo não é replicar, mas sim servir de modelo para o aprendizado e resoluções de problemas complexos. O sistema nervoso biológico pode possuir arquiteturas das mais diversas complexidades. Entretanto, esses sistemas complexos são compostos por bases simples dadas por células neurais ou neurônios, que desempenham funções diferentes. Tais células nervosas possuem um corpo celular com dois tipos de ramos, os dendritos e axônios.

Em 1943, o neurofisiologista Warren McCulloch e o matemático Walter Pitts escreveram um artigo sobre como os neurônios poderiam funcionar e, para isso, eles modelaram uma rede neural simples usando circuitos elétricos (SILVA et al., 2010).

De acordo com Oliveira Jr. (1994), Warren McCulloch e Walter Pitts criaram um modelo computacional para redes neurais baseadas em matemática e algoritmos denominados lógica de limiar (*threshold logic*). Esse modelo abriu o caminho para a pesquisa da rede neural, dividida em duas abordagens: uma abordagem focada em processos biológicos no cérebro e outra focada na aplicação de redes neurais à inteligência artificial.

À medida que os computadores se tornaram mais avançados, na década de 1950, de acordo com Gadelha (2001), foi possível simular uma hipotética rede neural. A primeira tentativa foi feita por Nathaniel Rochester dos laboratórios de pesquisa da IBM, mas infelizmente essa primeira tentativa falhou (SILVA et al., 2010). Em 1956, o Projeto de Pesquisa de Verão de Dartmouth, sobre Inteligência Artificial, proporcionou um impulso tanto à Inteligência Artificial como às Redes Neurais. Um dos

resultados deste processo foi estimular a pesquisa na área de Inteligência Artificial na parte de processamento neural (OLIVEIRA JR.; 1994). Em 1958, a Rede Neural Artificial *Perceptron* foi introduzida por Frank Rosenblatt, inspirado nos trabalhos de Walter Pitts e Warren Sturgis McCulloch. Esse modelo é um dos mais antigos e lida com um único neurônio, classificando o resultado de forma linear. Em outras palavras, quando um conjunto pode ser classificado a partir de contorno determinado por funções lineares.

De acordo com Kovacz (2006), em 1959, Bernard Widrow e Marcian Hoff, de Stanford, desenvolveram modelos denominados “ADALINE” e “MADALINE”. Os nomes provêm do uso de múltiplos elementos ADaptive LINear. ADALINE foi desenvolvido para reconhecer padrões binários de modo que, se ele estivesse lendo bits de transmissão de uma linha telefônica, poderia prever o próximo bit. MADALINE foi a primeira rede neural aplicada a um problema do mundo real, usando um filtro adaptativo que elimina ecos nas linhas telefônicas. Embora o sistema seja dos anos 60, assim como os sistemas de controle de tráfego aéreo, MADALINE ainda está em uso comercial.

Por outro lado, dada à complexidade da sociedade humana, esses sucessos anteriores levaram as pessoas a exagerar sobre potencial das redes neurais, particularmente à luz da limitação na eletrônica, então disponível na época. Este exagero excessivo, que decorreu do mundo acadêmico e técnico, infectou a literatura geral da época. Além disso, muitos escritores começaram a refletir sobre o efeito que as “máquinas pensantes” teriam no homem. A série de Asimov sobre robôs revelou os efeitos sobre a moral e os valores do homem quando máquinas fossem capazes de fazer todo o trabalho da humanidade. Outros escritores criaram computadores mais sinistros, como HAL do filme 2001. Toda essa discussão sobre o efeito da Inteligência Artificial sobre a vida humana fez algumas vozes respeitadas criticarem a pesquisa em redes neurais. O resultado foi a redução drástica de grande parte do financiamento em pesquisas. Esse período de atrofia na pesquisa em IA durou até 1981.

Em 1982, vários eventos provocaram um renovado interesse. John Hopfield, da Caltech, apresentou um documento à Academia Nacional de Ciências. A abordagem de Hopfield não era simplesmente modelar cérebros, mas criar dispositivos úteis. Com clareza e análise matemática, ele mostrou como essas redes poderiam funcionar e o que poderiam fazer. Desta forma, renasceu o investimento nas pesquisas em IA. Em 1986, com redes neurais de várias camadas nas notícias, o problema era como estender a regra Widrow-Hoff para várias camadas. Três grupos independentes de pesquisadores, dentre os quais David Rumelhart, ex-membro do

departamento de psicologia de Stanford, apresentaram ideias semelhantes que agora são chamadas de redes *Backpropagation* porque distribuem erros de reconhecimento de padrões em toda a rede.

2.1 Multilayer Perceptron

De acordo com Oliveira Jr. (1994) esse tipo de rede foi criado com o intuito de lidar com os problemas não linearmente separáveis. Foram adicionadas camadas de neurônio ocultas no modelo de Rosenblatt, formando então a Rede Neural Artificial *Multilayer Perceptron* (MLP).

2.2 Modelo de uma Rede Neural Artificial MLP

Essa nova topologia funciona como uma rede *feedforward* (rede progressiva, em que a saída de um neurônio conecta-se com outro neurônio da próxima camada, no sentido esquerda/direita), formada por um conjunto de neurônios denominados “nós” (KOVACZ, 2006; SILVA et al., 2010). A rede possui uma camada de entrada (sem função computacional), uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. A complexidade da rede MLP se dá pela quantidade de camadas ocultas que existirem e pela quantidade de neurônios que essas camadas possuem.

Aprofundar o conhecimento sobre redes Neurais Artificiais de forma autônoma fica fácil quando a pessoa já tem alguns conhecimentos específicos sobre matemática e programação para aprendizado de máquina, isto é, que conhece cálculo (derivadas), o básico de álgebra linear, de estatística e de programação. Todo o funcionamento da rede neural é modelado por operações matriciais, de modo que quando utilizamos vários neurônios em paralelo temos uma rede neural. Pode-se pensar em cada neurônio como recebendo sinais das variáveis dos *inputs* e passando adiante uma versão ponderada e tratada desse sinal (OLIVEIRA JR., 1994). Esses **neurônios em paralelo formam uma camada oculta da rede neural**. Podemos tratar o *output* de cada neurônio como uma variável do *input* de uma outra camada oculta. Assim, podemos empilhar camadas ocultas e produzir uma rede neural profunda.

Para melhor entendê-las, vamos partir de uma rede neural bem simples: um modelo de regressão linear, que pode ser entendido como uma rede neural com um único neurônio:

Figura 1 - Matriz que representa a operação determinada pelas entradas e a saída.

$$Xw = y$$

$$\begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1d} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nd} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \\ \vdots \\ w_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Fonte: dos autores.

Para adicionar mais neurônios nessa rede neural, basta então expandir a matriz de parâmetros. Além disso, vamos calcular a multiplicação de matrizes por mais um vetor, mantendo a consistência do *output*. Temos assim o modelo de uma rede neural com mais neurônios:

Figura 2 - Rede Neural de múltiplas camadas.

$$(XW_1)w = y$$

$$\begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1d} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nd} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_{01} & w_{01} & \dots & w_{0m} \\ w_{11} & w_{11} & \dots & w_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{d1} & w_{d1} & \dots & w_{dm} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_{01} \\ w_{11} \\ \vdots \\ w_{d1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Fonte: dos autores.

É importante perceber que a matriz W é a camada oculta da rede neural e cada coluna dessa matriz é um neurônio da camada oculta. Podemos pensar no vetor como uma camada de saída com um único neurônio, que recebe o sinal dos neurônios anteriores, pondera-os e produz o *output* final da rede. Essa rede neural não é muito interessante do ponto de vista prático, pois só consegue representar funções lineares.

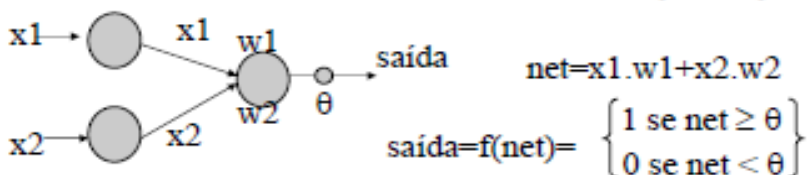
Para tratar da não linearidade, usa-se a composição de funções, aplicando uma função γ à equação acima. Quando é considerada a não linearidade, as **RNAs conseguem representar qualquer função**, dado um número suficiente de neurônios. Quanto maior o número de neurônios, maior a capacidade do modelo. É importante ressaltar também que, quando introduzimos a não linearidade na rede neural, a **função custo que otimizaremos torna-se não convexa** e extremamente complicada de otimizar, dificultando consideravelmente o processo de treinamento.

3 Aplicação no Ensino Médio

As redes neurais artificiais (RNAs) são ferramentas para os cientistas trabalharem para um melhor conhecimento dos mecanismos do processo cognitivo. Os engenheiros usam essa poderosa ferramenta como um processo para implementar circuitos elétricos, desenvolver computadores paralelos e distribuídos, aplicar a identificação de padrões em construção de equipamentos mais seguros e confortáveis e na otimização.

Figura 3 – Modelos de Neurônios Artificiais.

■ O PERCEPTRON : Frank Rosenblatt (1958)



EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DO PERCEPTRON

$$w1.x1 + w2.x2 = \theta \quad \leftarrow \text{EQUAÇÃO DE UMA RETA}$$

Fonte: Silva et al (2010).

O modelo *Perceptron* identifica padrões relativos a subconjuntos limitados de um plano que podem ser delimitados por uma reta. A princípio parece pouco, mas vamos ver uma aplicação prática. Considere a tabela de informações relativa ao final do campeonato brasileiro de 2019.

Tabela 1 – Classificação Campeonato Brasileiro 2019.

		Pt	Jg	V	D	E	G+	G-	S
1	 Flamengo	90	38	28	6	4	86	37	49
2	 Santos	74	38	22	8	8	60	33	27
3	 Palmeiras	74	38	21	11	6	61	32	29
4	 Grêmio	65	38	19	8	11	64	39	25
5	 Athletico-PR	64	38	18	10	10	51	32	19
6	 São Paulo	63	38	17	12	9	39	30	9
7	 Internacional	57	38	16	9	13	44	39	5
8	 Corinthians	56	38	14	14	10	42	34	8
9	 Fortaleza	53	38	15	8	15	50	49	1
10	 Goiás	52	38	15	7	16	46	64	-18
11	 Bahia	49	38	12	13	13	44	43	1
12	 Vasco da Gama	49	38	12	13	13	39	45	-6
13	 Atlético-MG	48	38	13	9	16	45	49	-4
14	 Fluminense	46	38	12	10	16	38	46	-8
15	 Botafogo	43	38	13	4	21	31	45	-14
16	 Ceará SC	39	38	10	9	19	36	41	-5
17	 Cruzeiro	36	38	7	15	16	27	46	-19
18	 CSA	32	38	8	8	22	24	58	-34
19	 Chapecoense	32	38	7	11	20	31	52	-21
20	 Avaí	20	38	3	11	24	18	62	-44

Fonte: autoria própria.

Os padrões relativos a uma variável são fáceis. Por exemplo, a ordenação por pontos aponta uma classificação em que as equipes com mais pontos estão à frente. Mas, estes dados trazem mais informações. Se quisermos identificar padrões relacionando mais de uma variável, por exemplo, pontos e saldo de gols, podemos ter outras informações, novos grupos:

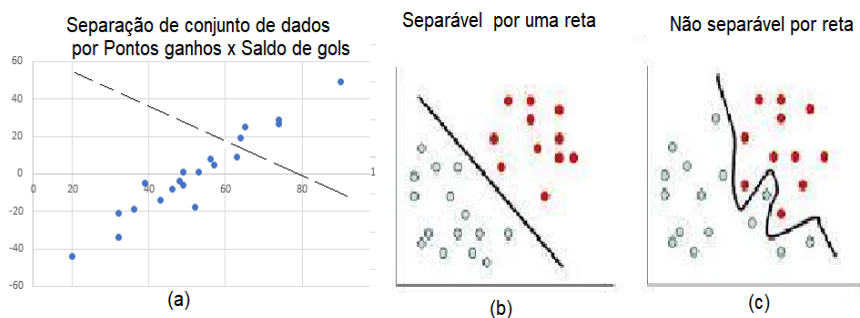
Tabela 2 - Dados relativos a pontos ganhos, derrotas e saldo de gols.

Equipes	Pontos Ganhos	Derrotas	Saldo de Gols
E1	90	4	49
E2	74	8	27
E3	74	6	29
E4	65	11	25
E5	64	10	19
E6	63	9	9
E7	57	113	5
E8	56	10	8
E9	53	15	1
E10	52	16	-18
E11	49	13	1
E12	49	13	-6
E13	48	13	-4
E14	46	16	-8
E15	43	16	-14
E16	39	21	-5
E17	36	19	-19
E18	32	16	-34
E19	32	22	-34
E20	32	20	-21
E21	20	24	-44

Fonte: autoria própria.

Vamos representar o gráfico de como os pontos (x, y), onde x indica pontos ganhos e y saldo de gols.

Figura 4 - Representações da partição em um conjunto de pontos em dois subconjuntos distintos.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 4 (a) o conjunto de pontos que representam as equipes do campeonato brasileiro em que cada equipe é representada por um ponto (x, y), onde x é a quantidade de pontos da equipe e y o saldo de gols, separados pela reta $y = 40 - \frac{4}{9}x$, que separa os pontos em dois conjuntos. Isso significa que a rede neural *perceptron* é capaz de identificar o padrão que distingue os pontos acima e abaixo da reta. Os pesos sinápticos para esta identificação são os coeficientes da equação e o Bias (w_0) é 40.

Na Figura 2 (c) tem-se uma representação hipotética de um conjunto de pontos que está dividido de modo que uma única reta não separa o conjunto dos pontos vermelhos dos azuis. É uma situação em que redes neurais do tipo *perceptron* não são capazes de classificar com pleno acerto. A Figura 2 (b) representa uma situação hipotética em que o conjunto de pontos é particionado por uma reta que permite distinguir o conjunto dos pontos vermelhos dos azuis. Vale notar que a reta de separação não é única; assim a rede *perceptron* é capaz de classificar plenamente os pontos vermelhos dos azuis por uma das retas que separa os conjuntos dos pontos vermelhos em relação aos azuis.

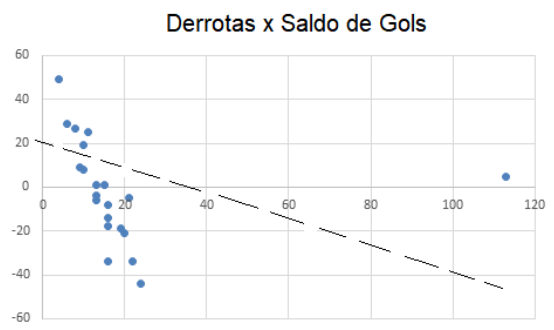
Tabela 3 - Dados relativos a pontos ganhos, derrotas e saldo de gols.

Equipes	Pontos Ganhos	Derrotas	Saldo de Gols
E1	90	4	49
E2	74	8	27
E3	74	6	29
E4	65	11	25
E5	64	10	19
E6	63	9	9
E7	57	113	5
E8	56	10	8
E9	53	15	1
E10	52	16	-18
E11	49	13	1
E12	49	13	-6
E13	48	13	-4
E14	46	16	-8
E15	43	16	-14
E16	39	21	-5
E17	36	19	-19
E18	32	16	-34
E19	32	22	-34
E20	32	20	-21
E21	20	24	-44

Fonte: autoria própria.

Vamos analisar agora plotando os pontos, com as componentes x indicando derrotas e y indicando saldo de gols.

Figura 5 - Representação das equipes do campeonato brasileiro a partir de pares em que as componentes são o número de derrotas e o saldo de gols.



Fonte: autoria própria.

Na Figura 5, a reta $y = 20 - \frac{2}{2}x$ separa os pontos em dois conjuntos. Isso significa que a rede neural *perceptron* é capaz de identificar o padrão que distingue os pontos acima e abaixo da reta. Os pesos sinápticos para esta identificação são os coeficientes da equação e o Bias (w_0) é 20. Note que as classes destacadas em cinza são bens distintas das anteriores, quer dizer que estes seis elementos têm um mesmo padrão se as variáveis a serem tomadas como decisivas forem derrotas e saldo de gol.

Tabela 4 - Dados relativos a pontos ganhos, derrotas e saldo de gols.

Equipes	Pontos Ganhos	Derrotas	Saldo de Gols
E1	90	4	49
E2	74	8	27
E3	74	6	29
E4	65	11	25
E5	64	10	19
E6	63	9	9
E7	57	113	5
E8	56	10	8
E9	53	15	1
E10	52	16	-18
E11	49	13	1
E12	49	13	-6
E13	48	13	-4
E14	46	16	-8
E15	43	16	-14
E16	39	21	-5
E17	36	19	-19
E18	32	16	-34
E19	32	22	-34
E20	32	20	-21
E21	20	24	-44

Fonte: autoria própria.

Um pouco mais de detalhes...

Considerando a Tabela 1 - Classificação do Campeonato Brasileiro, podemos observar padrões característicos das equipes em função da avaliação de seus resultados gerais das variáveis em questão. Por exemplo, levando em conta as variáveis pontos ganhos e gols prós, pode-se fazer a seguinte análise binária das equipes Flamengo, Goiás, Atlético Mineiro e Avaí, por exemplo.

Considere as variáveis x pontos e y gols prós:

Tabela 5 - Análise Binária relativa ao desempenho de quatro equipes a partir de duas variáveis.

Time	Análise variável linguística x (B e NB)	Análise variável linguísticay	Aval rendimento
Flamengo	Bom	Bom	Bom/bom
Goiás	Bom	Não bom	Bom/ruim
Atlético MG	Não bom	Bom	Bom/ruim
Avaí	Não bom	Não bom	Ruim/ruim

Fonte: autoria própria.

Observe que podemos identificar a tabela acima com uma das seguintes:

Tabela 6 - Dados binários com representações com zeros e uns associado a uma avaliação amena.

X1	X2	Y (resultado)
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Fonte: autoria própria.

Ou mesmo:

Tabela 7 - Dados binários com representações com zeros e uns associado a uma avaliação mais crítica.

X1	X2	Y(resultado)
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Fonte: autoria própria.

Para um *perceptron*:

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \eta(d(n) - y(n)) \cdot x_i(n)$$

Onde:

- η = taxa (ou coeficiente) de aprendizado
- $d(n)$ = saída desejada
- $y(n)$ = saída real
- $\delta = d(n) - y(n)$ = erro
- $x_i(n)$ = entrada i , $1 \leq i \leq m$

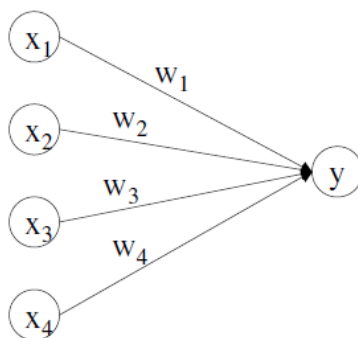
Vamos aplicar o algoritmo *perceptron* para identificar o padrão definido na Tabela 1 dos clubes (uma das tabelas binárias supra inseridas).

Considerando agora uma função de ativação real (usual)

$$f(v) = \begin{cases} 1, & \text{se } v \geq 0 \\ -1, & \text{se } v < 0 \end{cases}$$

Vamos tomar taxa de aprendizado $\eta=1$ e limiar $\theta = 1$, e vamos simular o funcionamento da rede.

Figura 6 – Representação de arquitetura de uma rede neural para quatro variáveis de entrada.



Fonte: autoria própria.

Ainda com os dados da Tabela 1 - Classificação Campeonato Brasileiro 2019, vamos tomar as seguintes variáveis: X_1 - pontos ganhos, X_2 - gols pró, X_3 - número de derrotas e X_4 - gols sofridos.

Considere a seguinte classificação binária atribuída a algumas equipes (por quiz) e a respectiva tabulação, onde 1 indica avaliação positiva da variável pela torcida e -1 uma avaliação negativa.

Tabela 8 - Descrição binária de seis equipes do campeonato brasileiro em função de quatro variáveis.

Equipe	Pontos	Gols Prós	Derrotas	Gols Sofridos	Avaliação
Atlético	1	-1	1	1	1
Flamengo	1	1	1	1	1
Grêmio	1	1	-1	1	1
Corinthians	-1	-1	-1	1	-1
Fortaleza	-1	1	-1	1	-1
Goiás	1	-1	1	-1	-1

Fonte: autoria própria.

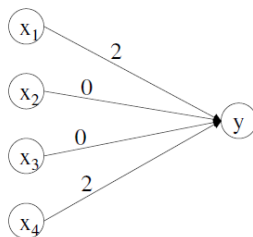
Vamos simular o algoritmo *perceptron* sobre os dados e veremos que a rede pode reconhecer esse tipo de padrão.

Tabela 9 - -- Processo de Simulação/Treinamento pelo algoritmo *perceptron* da Tabela 8.

x_1	x_2	x_3	x_4	y_{in}	Saída Real	Saída Desejada	w_1	w_2	w_3	w_4
							0	0	0	0
1	-1	1	1	0	-1	1	1	-1	1	1
1	1	1	1	2	1	1	1	-1	1	1
1	1	-1	1	-1	-1	1	2	0	0	2
-1	-1	-1	1	0	-1	-1	2	0	0	2
-1	1	-1	1	0	-1	-1	2	0	0	2
1	-1	1	-1	0	-1	-1	2	0	0	2
1	-1	1	1	4	1	1	2	0	0	2
1	1	1	1	4	1	1	2	0	0	2
1	1	-1	1	4	1	1	2	0	0	2

Fonte: autoria própria.

Figura 7 – Representação dos pesos sinápticos finais obtido pelo algoritmo *perceptron*.



Fonte: autoria própria.

4 Considerações finais

Atualmente os modelos que mais têm atraído a atenção da comunidade são os modelos baseados em redes neurais artificiais. Essa ferramenta tornou-se um dos principais esteios da IA como um todo.

Nessa introdução às redes neurais, tratamos de um modelo extremamente simplifica, para que, de forma mais simples, se entenda a base funcional das redes neurais, essa poderosa estrutura que permite grande flexibilidade na arquitetura dos modelos técnicos.

Certamente, as RNAs são uma das mais interessantes estratégias de desenvolvimento de modelos de Aprendizado de Máquina. Destacamos algumas propriedades associadas às RNAs:

- a) São bastante simples no manejo, uma vez entendidos os modelos lineares;
- b) Tem uma interessante mneumonia, ou seja, a operação é um tanto intuitiva, nos permite a interpretação de aprendizado de níveis de abstrações hierárquicos;
- c) São muito flexíveis, o que as torna ideais para resolver os mais diversos tipos de problemas;
- d) Produzem resultados de forma muito dinâmica e efetiva, além da qualidade dos resultados.

Por outro lado, existem algumas desvantagens das redes neurais artificiais. A desvantagem mais observada é que os modelos baseados em RNAs são normalmente muito grandes, exigem um alto poder computacional. Outra desvantagem é a realização do treinamento da rede, pois treinar uma RNA pode ser extremamente difícil. Por essa razão somente

em 2008 que a comunidade científica conseguiu métodos para treinar de forma eficiente os modelos mais complexos disponíveis.

Referências

GLÜBLER, M. **Entendendo o funcionamento de uma Rede Neural Artificial**, 2018. Disponível em: <https://medium.com/brasil-ai/entendendo-o-funcionamento-de-uma-rede-neural-artificial-4463fcf44dd0>. Acesso em: 20 ago. 2021.

HEBB, D. O. **The organization of behavior: a neuropsychological theory**. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1949.

Introdução às Redes Neurais Artificiais: Uma apresentação teórica e intuitiva às redes neurais artificiais. Disponível em: <https://matheusfacure.github.io/2017/03/05/ann-intro/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

KOVACZ, L. Z. **Redes Neurais Artificiais - fundamentos e aplicações:** um texto básico. 4ª. Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MATSUNAGA, V. Y. **Curso de Redes Neurais Artificiais usando o Matlab**, UFPA, 2012.

McCULLOCH, W. S. & PITTS, W. H. A Logical Calculus of the ideas Immanent in Nervous Activity. **Bulletin Math Biophys**, v. 5, p. 115-133, 1943.

MINSKY, M., PAPERT, S. **Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry**. Cambridge: Mass M.I.T. Press, 1969.

OLIVEIRA JR., W. R. Apostila do Minicurso: Modelagem, Aplicações e Implementações de Redes Neurais. In: **Congresso Brasileiro de Redes Neurais**, 1, 1994, Itajubá/MG.

RITA, D. J. **Controle de processos usando Redes neurais artificiais:** uma aplicação experimental. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

ROSENBLAT, F. The perceptron, a perceiving and recognizing automaton - Project Para. **Report n.º 85-460-1**. January 1957. Cornell Aeronautical Laboratory.

SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes Neurais Artificiais para engenheiros e ciências aplicadas**. São Paulo: ArtLiber, 2010.

WIDROW, B. Adaptive “Adaline” neuron using chemical “memistors”. **Technical Report**, n.º 1553-2, October 1960. Stanford Electron. Labs., Stanford University.

Forró e Tango: representações poéticas da saudade e da nostalgia nas letras e melodias das músicas

Gabriele Franco⁹

Rubens Pantano Filho¹⁰

Introdução

O termo milonga é utilizado para designar uma manifestação cultural que envolve bailes (eventos dançantes), gêneros de músicas e um modo particular de dançá-las. Nas milongas - como eventos dançantes - tocam-se o tango, o tango-vals e a milonga (agora com o sentido de gênero musical). Ela antecedeu o tango, sendo um de seus influenciadores, de modo que a milonga dançante é um gênero muito próximo do tango, sendo até considerado um subgênero deste. Da mesma forma, a palavra forró - de modo similar ao termo milonga - também é utilizada para designar uma expressão musical que envolve o baile, as músicas de uma família de gêneros característicos do nordeste brasileiro, ou seja, o baião, o xote, entre outros, bem como o modo de dançá-las.

As letras dessas músicas - tango/milonga de um lado e forró/xote/baião de outro - produzem um vínculo intenso de identidade que está presente na história, no ritmo, nos passos de dança, na melodia e nas letras. Esses gêneros de música/dança expandiram-se para além de suas fronteiras e tiveram (e ainda têm) a influência de uma diversidade de culturas em seu processo de formação histórica.

Segundo Isabel Cristina Correia dos Santos (2016, p. 16), a formação dos países Latino-Americanos caracterizou-se pela mescla cultural resultante da colonização europeia dominante sobre os indígenas nativos e os negros africanos traficados na condição de escravizados. A coexistência dessas etnias (indígena, africanos e europeus) e a proporção de suas influências ocorreram de maneira peculiar em cada região da América Latina, seguindo as relações de interesses socioeconômicos e políticos que se estabeleciam. Embora existam diferenças históricas entre o Brasil e a

⁹ Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Bragança Paulista. *E-mail:* gabrielefranco@usp.br.

¹⁰ Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Bragança Paulista. *E-mail:* rubenspantano@ifsp.edu.br

Argentina, alguns pontos são similares. A proporção das influências étnicas é facilmente percebida através das expressões artísticas de cada povo, especialmente na música e na dança.

A saudade do brasileiro é a mesma *nostalgia* do argentino?

Como embasamento teórico para análise das canções populares por meio da linguagem poética, será utilizado um recorte do método proposto por Luiz Tatit (1987) e das análises de canção realizadas por Álvaro Antonio Caretta (2010, 2013). Sendo assim, a análise será organizada em três dimensões, de acordo com os campos de significação da linguagem poética. Na primeira, predomina a “passionalização”, ou seja, o despertar os sentimentos. Na segunda dimensão, há a “tematização”, com enfoque em uma temática específica. Por fim, há o efeito de locução, em que os interlocutores de tempo, pessoa e espaço que revelam o momento da enunciação. Além das características e elementos formais da prosa e da poesia, como o verso, a conotação, a denotação, a polissemia linguística, a seleção vocabular, devemos considerar as relações dialógicas exercidas no texto. Estas relações devem ser reconhecidas como o lugar que o “outro” ocupa na linguagem que escreve. A saudade ou a nostalgia são temas centrais nas canções e representam aspectos culturais ricos e complexos, mas possuem significados diferentes nos dicionários de Língua Portuguesa e Língua Espanhola.

O termo saudade origina-se no latim *solitas*, *-atis* e significa solidão. Na Língua Portuguesa, o termo “saudade” significa “lembrança grata de pessoa ausente, de um momento passado, ou de alguma coisa da qual alguém se vê privado”. No plural, o termo “saudades” significa “boas lembranças, recordações” ou “cumprimentos a alguém”. Nota-se que o vocábulo, ainda que represente ausência ou privação, está associado à alegria e à gratidão. Entretanto, seu sinônimo pode ser “nostalgia” e este vocábulo apresenta um valor semântico diferente, pois está mais associado à tristeza. No *Dicionário Michaelis da Língua Portuguesa*, é definido como: “tristeza profunda causada por saudades do afastamento da pátria ou da terra natal” e “estado melancólico causado pela falta de algo ou alguém”.

Na língua espanhola não existe o vocábulo “saudade”, mas a ideia representada por ele pode ser traduzida pelo termo “*nostalgia*”. Segundo o *Dicionário Michaelis Português - Espanhol*, a tradução do substantivo feminino “saudade” da língua portuguesa para a língua espanhola pode ser representada pelos termos “*añoranza*” ou “*nostalgia*”. A expressão “ter saudade” pode ser traduzida por “*extrañar*”, “*añorar*” ou “*echar de menos*”. No *Diccionario de la Real Academia Española*, o termo “*añorar*”

significa “*acción de añorar*” ou “*nostalgia*”; e o termo “*nostalgia*” significa “*pena de verse ausente de la patria o de los deudos o amigos*” e “*tristeza melancólica por el recuerdo de una dicha perdida*”.

Portanto, como um contraponto à Língua Portuguesa, nos dicionários de Língua Espanhola o sentimento de saudade está associado à tristeza e possui relação estreita com a pátria. Nota-se que a língua altera a forma como seus usuários pensam e leem o mundo. As palavras podem ter uma tradução equivalente, mas possuem valor semântico diferente, isto é, ainda que determinados termos tenham sinônimos, eles possuem pesos diferentes e podem construir múltiplos efeitos de sentido. A diferença de valor semântico e cultural dos termos “saudade” e “*nostalgia*” serão analisadas nas canções selecionadas.

A saudade e o forró

A canção *A vida do viajante* (1979) é de autoria e interpretação do pernambucano Luiz Gonzaga do Nascimento, também conhecido como “Rei do Baião”. Considerado uma das figuras mais importantes da música popular brasileira, cantava acompanhado da sanfona, da zabumba e do triângulo e levou para todo o país a cultura musical do nordeste, as variações do forró, como o baião, o xaxado, o xote e o forró pé de serra.

O tema de *A vida do viajante* versa sobre a saudade do viajante durante suas andanças pelo sertão nordestino de clima e terra árida, mas com uma trajetória marcada pela alegria e pela simplicidade. A história de Luiz Gonzaga confunde-se com a letra da canção, como uma metáfora para os gozos e para as dificuldades de ser artista, a saudade de casa e a felicidade ao fazer amigos.

A vida do viajante (1979)

Luiz Gonzaga do Nascimento

Minha vida é andar por este país
Pra ver se um dia descanso feliz
Guardando as recordações
Das terras onde passei
Andando pelos sertões
E dos amigos que lá deixei

Chuva e sol
Poeira e carvão

Longe de casa
Sigo o roteiro
Mais uma estação
E a alegria no coração

Minha vida é andar por esse país
Pra ver se um dia descanso feliz
Guardando as recordações
Das terras onde passei
Andando pelos sertões
E dos amigos que lá deixei

Mar e terra
Poeira e carvão
Mostre o sorriso
Mostre a alegria
Mas eu mesmo não
E a saudade no coração

Na letra do forró, a saudade está representada de forma indireta na primeira e segunda estrofe. Esses sentimentos aparecem de forma subjetiva nos versos em que o eu lírico revela guardar as recordações dos lugares e das pessoas que conheceu: “Guardando as recordações / Das terras onde passei / Andando pelos sertões / E dos amigos que lá deixei”. Este sentimento também é sugerido no terceiro e quinto verso da primeira estrofe, quando o eu lírico anuncia que está “longe de casa” há muito tempo ou há vários meses, como indica o verso “mais uma estação”.

As imagens construídas pelo discurso poético para representar a saudade também estão permeadas pelas marcas de identidade do nordestino, pois se referem ao clima seco, à paisagem árida e ao sentimento de alegria. Estas imagens estão centralizadas nos versos “Chuva e sol / Poeira e carvão”, onde a poeira pode relacionar-se com o tempo passado e com os lugares pelos quais o eu lírico passou; o carvão relaciona-se com o solo seco e árido; a chuva e o sol são referências ao litoral agreste.

Nota-se que o sentimento de alegria pode ser encontrado em momentos improváveis, como na seca que degrada o povo ou na saudade que degrada a alma: “Mostre o sorriso / Mostre a alegria / Mas eu mesmo não”. Sentimentos como a saudade e a solidão, que naturalmente carregam certa dose de tristeza, são retratados na canção com leveza. A saudade faz

com que o eu lírico vivencie a ausência e, assim, permite que valorize o encontro e o vivencie com gratidão e alegria.

Em relação à locução, há uma mescla entre o discurso poético e a prosa, cada um desses gêneros trabalha a linguagem de forma diferente. A linguagem poética procura apagar as marcas discursivas, já na prosa elas mantêm-se em evidência. No clipe da canção *A vida do viajante* há um repente, isto é, uma espécie de diálogo improvisado e alternado por Luiz Gonzaga e seu filho Gonzaguinha, que foi transcrito abaixo:

Saudade, meu filho...
Diga...
Olha o trem chegando à estação.
É, *tá* cheio de gente.
E o trem *tá* cheinho, meu filho.
Olha o povo lá.
É sinal de casa cheia.
Isso é bom! Isso é bom.
Lulinha?
Diga lá!
Olha o *povão*.
Um dia eu chego lá, devagar...
Não se esquece do *povão*, meu filho.
Sem pressa, sem pressa.
Tá com saudade do vovô Januário?
Tô, mas sei que ele *tá* tocando lá em cima no forró, deixa ele.
Não esqueça que tudo começou com ele, meu filho.
E como é que é a história?
De pai pra filho, de pai pra *filio*. Até 1912.
Deixa que levo *pra* frente.
Essa é que é a história!

Neste trecho, há uma situação de locução em que o pai se dirige ao filho em tom de aconselhamento em relação à importância da tradição do forró na família. No diálogo, o pai também faz referência ao povo e o inclui na tradição do forró, ressaltando sua importância: “Não se esquece do *povão*, meu filho.” Ao retratar a tradição, ele invoca a imagem do avô, quem introduz o forró na família e incita o filho a recordar dele: “*Tá* com saudade do vovô Januário? / *Tô*, mas sei que ele *tá* tocando lá em cima no forró, deixa ele”. Novamente há uma representação do sentimento de saudade em relação ao avô falecido. A imagem do avô remete à história do forró que é

perguntada pelo filho “E como é que é a história?” e a resposta do pai é a tradição familiar: “De pai *pra* filho, de pai *pra fio*. Até 1912”.

Também há um apelo pela manutenção da memória, elemento que sustenta a tradição familiar de compor, tocar e cantar forró: “Não esqueça que tudo começou com ele, meu filho”. O diálogo termina com a promessa de que o filho levará a tradição e a história para a posteridade, este é um modo de administrar o sentimento de saudade, pois a transmissão da cultura familiar através do forró e da música é um mecanismo para manter viva memória do avô e o passado que ele representa: “Deixa que eu levo pra frente.”.

A nostalgia e o tango

O tango *Vuelvo al Sur* (1988) foi escrito por Fernando “Pino” Solanas, diretor, roteirista, ator e produtor de cinema; e o arranjo foi composto por Astor Pantaleón Piazzola, bandoneonista e compositor. A música faz parte da trilha sonora do filme *Sur*, dirigido por Solanas e interpretada pelo famoso cantor de tango Roberto “Polaco” Goyeneche.

Vuelvo al Sur (1988)

Fernando Pino Solanas / Astor Pantaleón Piazzola

Vuelvo al Sur,
como se vuelve siempre al amor,
vuelvo a vos,
con mi deseo, con mi temor.
Llevo el Sur,
como un destino del corazón,
soy del Sur,
como los aires del bandoneón.
Sueño el Sur,
inmensa luna, cielo al revés,
busco el Sur,
el tiempo abierto, y su después.
Quiero al Sur,
su buena gente, su dignidad,
siento el Sur,
como tu cuerpo en la intimidad.
Te quiero Sur,
Sur, te quiero.

Vuelvo al Sur,
como se vuelve siempre al amor,
vuelvo a vos,
con mi deseo, con mi temor.
Quiero al Sur,
su buena gente, su dignidad,
siento el Sur,
como tu cuerpo en la intimidad.
Vuelvo al Sur,
llevo el Sur,
te quiero Sur,
te quiero Sur...

A temática da canção é o anseio pelo retorno ao Sul, que é representado pelos verbos que iniciam os versos das estrofes: *volver*, *llevar*, *soñar*, *querer* e *sentir*. A seleção vocabular descreve a trajetória do eu lírico que deseja e, por isso, sonha em retornar ao Sul. No entanto, o sentimento predominante em relação a este retorno é melancólico, está no campo do desejo, pois se cria uma atmosfera praticamente onírica do espaço do sonho e do desejo.

Nesta canção também há referência ao povo que é caracterizado como “*su buena gente, su dignidad*”. O Sul, além de destino do eu lírico, é responsável pela nostalgia, pois é a personificação da mulher amada que foi deixada. Tal personificação é associada ao léxico “*amor*”, “*temor*”, “*deseo*”, “*cuerpo*” e “*intimidad*”, e também ocorre através de marcas discursivas de uma possível locução entre o eu lírico e o Sul, revelada no verso “*te quiero, Sur*”. Nesta passagem, o Sul transforma-se em um vocativo, destinatário do amor e da nostalgia do eu lírico.

Portanto, o sentimento de nostalgia tão característico nas duas canções possui significações diferentes. No forró, está associado à alegria e à esperança e no tango, refere-se à melancolia. Essa concepção de sentimentos relacionada à cultura reflete-se não só na linguagem conotativa das canções, mas também na linguagem denotativa do dicionário.

Entre parênteses: a saudade nos lamentos do *bandoneón* de Piazzolla e na sanfona de Gonzagão

Saudade é algo que faz parte da natureza humana, que se manifesta em inúmeras ocasiões das nossas vidas e que está relacionada a pessoas, fatos ou situações por nós vivenciadas. É um sentimento que nos traz um sabor de nostalgia, uma vontade de reviver momentos que nos deixaram

marcas inesquecíveis: amigos, amores, família, eventos, situações... e que também nos faz reconhecer que a passagem do tempo é inexorável. Diz-se que o termo teria sido criado à época dos colonizadores portugueses que passavam longos períodos no mar e em terras estranhas, e isso lhes causava dor e melancolia de maneira muito intensa.

O que desperta em nós esse sentimento? Pode ser uma paisagem, uma fotografia, o mar, uma cachoeira, as montanhas, a neve, uma flor, uma taça de vinho, uma cidade, um bairro, as estrelas, uma palavra, uma frase, uma poesia, uma carta, um simples bilhete, uma voz, uma risada, uma conversa, uma canção... e, entre tantas outras possibilidades, também uma música ou os sons emitidos por um instrumento.

Ao longo do nosso escrito, vínhamos abordando a questão da poesia intrínseca às letras e o sentimento de saudade desencadeado por elas nos tangos/milongas, bem como nos forrós e seus gêneros associados. Indo além, o melhor seria dizer que nessas canções há uma composição de uma poesia artesanalmente tecida com palavras com aquela gestada nos acordes dos instrumentos que executam as músicas... melhor ainda, é uma poesia única, um amálgama de letras e sons.

Nos tangos/milongas e em toda família dos forrós, há dois personagens que são os grandes poetas do grupo de instrumentos que os acompanham: o *bandoneón* no primeiro caso e o acordeom no segundo.

O acordeom – assim como o *bandoneón* – é um instrumento pertencente à família dos aerofones, por produzir sons pela vibração de palhetas que são acionadas por uma corrente de ar. É composto por duas caixas retangulares de madeira presas a um fole flexível fabricado a partir de papelão dobrado, sendo que no interior de cada caixa existem cavaletes, que lembram casas de abelhas, onde são presas as chapas metálicas na quais estão fixadas as palhetas de aço (PAIVA, 2014). Essas linguetas livres, em número variável, são postas em vibração por ação dos botões de um teclado, quando o fole que as une é expandido, enchendo-se de ar, ou contraído, num momento seguinte, quando o ar é então expelido. Num ou noutro processo, os botões do teclado, quando acionados pelo executante, põem em movimento as linguetas correspondentes, gerando os sons de matizes característicos do instrumento (SALTON, 1981).

O primeiro modelo de instrumento musical com as características básicas do acordeom, ou seja, com sistema de botões, fole e palhetas livres surgiu em 1822 pelas mãos de um relojoeiro alemão, Christien Friedrich Ludwig Buschmann. No mesmo ano, Charles Wheatstone também registrou a concertina, instrumento da mesma família, mas um pouco diferente do acordeom. Os dois tiveram aceitação imediata na Europa. Um pouco mais

tarde, por volta de 1840, com base na concertina, Heinrich Band, músico e *luthier* de Krefeld, cidade da Alemanha localizada na região administrativa de Düsseldorf, criou o chamado de *bandoneón*, nome adotado em referência ao sobrenome de seu criador (DIAS, 2011).

Assim, ao longo dos anos, buscando o aperfeiçoamento do instrumento, o acordeom passou por muitas adaptações, até chegar aos vários modelos com as denominações existentes atualmente. Na segunda metade do século XIX, a Alemanha tornou-se um dos grandes polos de fabricação desses instrumentos e o acordeom espalhou-se pela Europa, com forte penetração nas populações rurais. No início do século XX, com os movimentos migratórios europeus, o acordeom ultrapassa as fronteiras continentais e assim se espalha pelo mundo (DIAS, 2011).

O *bandoneón* em particular constitui a alma das manifestações riopratenses. Tangos e milongas são gêneros que não podem prescindir desse instrumento que melhor os representa. Como afirma Masella Lopes (2015, p. 251): “... dificilmente há tango sem *bandoneón* na medida em que seu timbre evoca o próprio tango, e este se ressentido de sua ausência”. Nas denominadas orquestras típicas portenhas, em que esse instrumento está na companhia de um piano, violino e contrabaixo, há uma hierarquia instrumental na qual esses últimos estão organizados em torno do primeiro, o signo do tango. Em outras palavras, o *bandoneón* é sinônimo de tango, ele condensa o sentido de *tanguedad*, ou seja, a condição de ser tango. Coviello (2018, p. 9) é outra autora que também assim o considera: “Para o sentido comum, o *bandoneón* é um sinônimo de tango, a música que nos identifica como argentinos no mundo. A imagem e o som deste instrumento funcionam como ícone...”. A mesma autora, em um momento seguinte, na mesma página de seu trabalho, também destaca que: “... ‘bandoneón’ se transformou em uma representação com significado unívoco que além disso condensa outros elementos que formam parte desse universo simbólico *tanguero*”.

É a sonoridade desse peculiar instrumento de fole que contribui para amplificar o sentimento de saudade ou melancolia quase sempre presente nas letras das típicas canções *milongueiras*. É comum dizer-se que existe uma relação entre o *bandoneón* e o drama nostálgico tão presente no tango riopratense.

Ao mencionar este nobre instrumento *milongueiro*, há que se destacar aquele que é considerado um dos maiores *bandoneonistas* argentinos, Astor Piazzolla (1921-1992). Músico, compositor e arranjador, Piazzolla é também símbolo do tango. Reconhecido em todo o mundo, Astor iniciou seus estudos musicais muito jovem, em Nova Iorque – para onde sua família havia mudado – com um pianista húngaro, Bela Wilda, que teria

estudado com Sergei Rachmaninoff. Mais tarde, na França, estudou e aperfeiçoou seus conhecimentos musicais com Nadia Boulanger (1887-1979), compositora francesa de música erudita e renomada educadora musical, orientadora de inúmeros compositores, solistas, arranjadores e maestros, incluindo Quincy Jones e o brasileiro Almeida Prado. Boulanger foi amiga do compositor russo Igor Stravinski (1882-1971), com quem desenvolveu uma longa parceira musical. Destaca-se também que foi a primeira mulher a reger para a Sociedade da *Royal Philharmonic* (Inglaterra) e também as orquestras de Boston e da Philadelphia. Tornou-se uma das poucas mulheres a reger a Sinfônica Nacional (Washington), a Filarmônica de Nova Iorque e dezenas de orquestras parisienses (BROOKS; BARANCOSKY, 2016).

Antes de dirigir os vários grupos musicais que formou, Piazzolla ingressou jovem e atuou como músico e arranjador na orquestra do grande maestro argentino Aníbal “Pichuco” Troilo, alcunhado também de “o *bandoneón* maior de Buenos Aires” por sua expertise na execução desse instrumento.

Com forte influência do *jazz* em sua música, Piazzolla estabeleceu uma nova linguagem que a levou ao *status* de música erudita. Astor, considerado um gênio em seu ofício, gravou com músicos famosos, tais como Gary Burton, Garry Mulligan, Antonio Carlos Jobim, entre outros. Ficou imortalizado por seus arranjos ímpares em vários tangos clássicos e mais ainda por suas antológicas composições, entre as quais: *Libertango*, *Adiós Nonino*, *Oblivión*, *Primavera Porteña*, *Invierno Porteño* e outras de mesmo calibre. Diz-se que há composições dele que, até hoje, os músicos têm dificuldade na execução, dada à alta complexidade de seus arranjos.

Da mesma forma que *bandoneón* está para os tangos e milongas, o clássico acordeom ou sanfona (nome mais popular) está para o forró e sua família de gêneros musicais. Um forró autêntico também não pode prescindir desse instrumento de fole, irmão de sangue do *bandoneón* portenho. Na verdade, a sanfona é partícipe do amplo espectro cultural da música brasileira. Dias (2011, p. 17) considera que:

Pensar em sanfona é pensar no povo brasileiro. Na sua diversidade cultural e geográfica. Na solidão dos pampas gaúchos e dos aboios nordestinos. No colorido dos reizados, na graça dos fandangos, na imensidão dos sons pantaneiros, na cadência das rancheiras, na alegria dos calangos e dos forrós. A sanfona exprime a alma dessa gente no sopro de seus foles.

Acredita-se que o acordeom chegou ao Brasil em meados do século XIX, trazido pelos imigrantes europeus oriundos da Itália e da Alemanha.

Dias (2011, p. 17) afirma que “... também trouxeram sua sonoridade carregada de lembranças e saudade. Mas também trouxeram a vocação do instrumento para a alegria na animação das danças populares, eminentemente rurais. No Brasil, uniram esses traços marcantes aos da região de seu destino, exprimindo com diferentes sotaques novas realidades”.

No início do século XX, o acordeom já fazia parte da cultura do nordeste brasileiro. Em 1909, por ocasião do casamento de Januário e Santana, os pais de Luiz Gonzaga, ele seria um dos únicos tocadores de acordeom (PAIVA, 2014). No Brasil, o acordeom é também conhecido por muito nomes diferentes, tendo em vista a grande variedade de tamanhos, modelos, marcas e tipos: sanfona, harmônica, concertina, acordeão ou ainda com a grafia acordeon.

Mesmo o forró tendo sofrido várias influências ao longo do tempo, com a inclusão de instrumentos eletrônicos, nesse típico gênero nordestino o acordeom é imprescindível, está em seu cerne. Não é possível ouvirmos um forró autêntico sem que o lamento da sanfona não esteja presente, dando a sonoridade característica das músicas nordestinas. E quando se ouve o fole gemer, também não há como não lembrar do grande representante desse gênero tipicamente brasileiro, o mestre Luiz Gonzaga do Nascimento (1912/1989).

Luiz Gonzaga nasceu em Exu, sertão pernambucano, e mudou-se para a cidade o Rio de Janeiro em meados da década de 1940, onde destacou-se cantando - sempre acompanhado de sua sanfona - e divulgando a cultura popular nordestina. Mas foi na década seguinte que o professor mineiro Mário Mascarenhas, difundindo seu método de acordeom pelo país, conseguiu dar ao instrumento um status de nobreza, levando-o inclusive aos palcos dos grandes teatros nacionais, entre os quais o Teatro Municipal do Rio de Janeiro.

Conhecido como o *Rei do Baião*, Luiz Gonzaga foi considerado uma das mais completas, importantes e criativas figuras da música popular brasileira. Cantando e executando sua sanfona, em companhia da zabumba e do triângulo, Gonzagão – como também ficou conhecido – levou para todo o país a cultura do nordeste, cantando e tocando o baião, o xote, o xaxado e outros gêneros musicais. Suas composições abordavam a pobreza, as tristezas e as injustiças de sua árida terra, o sertão nordestino, mas também diziam da saudade de sua terra e da alegria das festas populares do nordeste brasileiro. Admirado pelos mais diversos artistas, Luiz Gonzaga ganhou notoriedade com as antológicas canções: *Asa Branca* (1947), *Seridó* (1949), *Juazeiro* (1948), *Forró de Mané Vito* (1950) e *Baião de Dois* (1950). O clássico *Asa Branca* em particular tem versões cantadas em vários idiomas.

No período 1946 a 1955, foi o artista que mais vendeu discos no Brasil, somando quase 200 gravações e mais de 80 milhões de cópias vendidas. Ao longo de sua carreira, gravou com grandes artistas, tais como Raimundo Fagner, Dominginhos, Elba Ramalho, Milton Nascimento, entre outros. Em 1985 recebeu o prêmio Nipper de Ouro, homenagem internacional da RCA a um artista de seu quadro. No ano seguinte, Gonzagão participou do festival de música brasileira na França, *Couleurs Brésil*, apresentando-se na *Grande Halle de La Villette* no show de encerramento, junto com outros artistas brasileiros, para um público aproximado de 15 mil pessoas.

Seu filho de coração, Luiz Gonzaga do Nascimento Júnior, também seguiu a carreira artística do pai, tornando-se famoso cantor e compositor de música brasileira. Gonzaguinha, como ficou conhecido, juntamente com Ivan Lins, Aldir Blanc e outros, fundou o Movimento Artístico Universitário (MAU), manifestação cultural que teve importante papel na música popular brasileira nos anos 70.

Extremamente popular em sua época, Luiz Gonzaga sobrevive ao tempo. Ainda hoje conhecido por todos, é um paradigma da cultura nordestina, um clássico da música brasileira.

Considerações finais

Quando se destacam nos arranjos musicais, o lamento do *bandoneón* e as memórias despertadas pela sanfona perpassam nossos corações e tocam-nos na alma, propiciando-nos uma viagem pelos pensamentos e remetendo-nos às boas lembranças dos amores, dos amigos, dos lugares. Nas letras, nas quais as metáforas e a voz poética são delicadamente desenhadas na estrutura textual, revelando a sutileza que a saudade e a *nostalgia* constroem o imaginário popular de cada nação, tais sentimentos atuam como pontos de confluência entre o léxico e o enredo que constituem narrativas cantadas. Portanto, os sentimentos explorados nas canções estão ancorados nas características típicas de cada cultura, representados ora pela melodia do *bandoneón* e da sanfona, ora pela letra poética que expressa a voz do *gaúcho* ou do sertanejo. Tais sentimentos transformam-se em contadores de histórias individuais e coletivas e, assim, tornam-se uma fração representativa de povos e culturas.

Referências

BROOKS, J.; BARANCOSKI, I. (trad.). Contando a história da carreira de Nadia Boulanger na regência. **Debates**, n. 17, p. 1-33, nov. 2016.

CARETTA, Álvaro. Por um método de análise discursiva da canção popular. In: **Língua Portuguesa: ultrapassar fronteiras, juntar culturas**. Évora: Évora, 2010.

CARETTA, Álvaro Antônio. **Estudo dialógico-discursivo da canção popular brasileira**. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2013.

COVIELLO, Melina Andrea. *Posbandoneón: Tanguedad e otros significados posibles*. 2018. 171 f. *Tesina de Grado – Carrera de Ciencias de la Comunicación, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, AR*, 2018.

DIAS, Leda. O Acordeão e seus sotaques. In: **Sotaques do Fole**. Rio de Janeiro: Serviço Social do Comércio, 2011.p.10-30.

MASELLA LOPES, P. R. O processo explosivo do *bandoneón* na formatação do tango. **Galáxia** (São Paulo, *Online*), n. 29, p. 250-261, jun. 2015.

PAIVA, Cláudio Nóbrega de. **Uma experiência de ensino do acordeon na escola de música da UFRN**. 2014. 171 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Música, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.

SALTON, Ricardo D. *El bandoneón*. **Revista del Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Veza”**, n. 4, p. 90-105, 1981.

SANTOS, Isabel Cristina Correia dos. **Forró & Tango: duas expressões populares que conquistaram povos muito além de suas fronteiras**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2016.

TATIT, Luiz. **A canção: eficácia e encanto**. São Paulo: Atual, 1987.

Práticas Educativas com Metodologias Ativas em Tempos de Pandemia

Ricardo Brasileiro de Matos¹¹

1 Introdução

No Brasil, a Educação é um direito de todas as pessoas e também uma obrigação do Estado, como está descrito no artigo 205 da Constituição Federal de 1988. No que diz respeito à educação de crianças e de adolescentes, a Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA), no artigo 4º, reforça o texto constitucional ao afirmar que é dever, dentre outros, do “poder público assegurar, com absoluta prioridade, a efetivação dos direitos referentes à vida, à saúde, à alimentação, **à educação**, ao esporte, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária” (BRASIL, 1990) (destaque nosso).

Atualmente, devido à Pandemia de Covid-19, que recrudescer as desigualdades sociais, essa garantia precisa ser percebida e cuidada com ainda mais atenção, de modo que haja melhorias dentro do processo educativo.

Em fevereiro de 2020, o Brasil registrou o primeiro caso positivo para o novo Coronavírus. A partir desse momento, ocorreram mudanças nas escolas para que pudessemos nos adaptar a esta nova realidade durante a quarentena que vivemos. Foi preciso adotar um novomodelo para que o ensino continuasse a acontecer. A partir daí, o ensino presencial foi estrategicamente modificado para a forma remota.

Essa inovação-movimentação dentro do contexto educacional, inclusive devido a distância física, requer práticas pedagógicas que encontrem maneiras de estimular os alunos a serem protagonistas do seu conhecimento. Nesse contexto, as metodologias ativas podem ajudá-los no desenvolvimento, somadas às tecnologias para a educação. Por meio dessas metodologias, podem ser realizadas aulas que se tornam mais atrativas, por meio das quais o estudante irá participar da construção de seu conhecimento. Portanto, podemos entender que as metodologias ativas tornam-se, para o

¹¹ Pós-graduado *Latu Senso* em Ciências e Matemática, IFTM, Fazenda Sobradinho S/N, Uberlândia-MG. *E-mail*: ricardo.mattos10@gmail.com

estudante, um importante instrumento de empoderamento e de aumento de conhecimento.

Hoje, o mundo integrado faz com que os educadores estejam mais atentos à forma de ensinar, pois o educando precisa estar no centro do ensino. Daí a relevância das metodologias ativas para que a aprendizagem seja significativa.

De acordo com Moran (2015), o ato de educar no mundo contemporâneo implica

[...] colaborar para que professores e alunos - nas escolas e organizações - transformem suas vidas em processos permanentes de aprendizagem. É ajudar os alunos na construção da sua identidade, do seu caminho pessoal e profissional - do seu projeto de vida, no desenvolvimento das habilidades de compreensão, emoção e comunicação que lhes permitam encontrar seus espaços pessoais, sociais e de trabalho e tornar-se cidadãos realizados e produtivos (MORAN, 2015, p. 11).

Para Moran (2015), as metodologias ativas são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas. O papel do professor, hoje, é muito mais amplo e avançado, não estando centrado apenas na função de transmitir informações de uma área específica; ele é, principalmente, “*designer*” de roteiros personalizados e grupais de aprendizagem, além de orientador/mentor de projetos profissionais e de vida dos discentes (MORAN, 2015). Entendemos que deve haver uma grande integração entre os diversos sujeitos que constroem os campos do aprendizado, e que o educador deve dar maior importância ao aluno para que ele seja o protagonista do seu conhecimento, podendo aprender de forma “isolada”, mas com a orientação dos professores.

Tendo essas discussões como motivo, este trabalho corresponde a uma revisão bibliográfica, cuja primeira parte relata as colaborações das metodologias ativas para o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, a segunda retrata a utilização dos recursos tecnológicos na educação, através das metodologias ativas, e a terceira demonstra todos os recursos tecnológicos de inovações utilizados durante o período de pandemia. A essas partes, somam-se as considerações finais, que trazem, abreviadamente, as principais concepções expostas no trabalho.

2 Colaborações das metodologias ativas para o processo de ensino e aprendizagem dos alunos

De acordo com Bacich e Moran (2018), as metodologias ativas compreendem estratégias pedagógicas com eixo nos processos de ensino e aprendizagem do aprendiz. Volpato e Dias (2017) afirmam que a utilização de metodologias ativas torna o aluno mais participativo, colaborativo e construtor do próprio conhecimento. Segundo afirmam,

[...] a utilização das metodologias ativas pode favorecer a autonomia do educando tanto na modalidade presencial quanto a distância, favorecendo a curiosidade, estimulando a tomada de decisões individuais e coletivas, provenientes das atividades oriundas da prática social e em contextos do aluno (VOLPATO; DIAS, 2017, p. 05)

As propostas que serão citadas baseiam-se na pedagogia histórico-crítica de Saviani (2013), cujo pensamento demonstra a transformação que a educação produz na sociedade.

No campo da prática, a escola deve dosar, sequenciar o conhecimento e, através da mediação (do abstrato), possibilitar que o educando passe de uma visão sensorial imediata (sincrética) para uma visão concreta (sintética) da realidade. Já o educador precisa ter “clareza dos determinantes sociais da educação”, compreender em que nível as contradições da sociedade marcam a educação, para, assim, se situar e “perceber claramente qual é a direção que cabe imprimir à questão educacional” (SAVIANI, 2013, p. 86)

Dentre as várias estratégias que vêm sendo utilizadas para aprimorar a relação entre aluno e professor, destacamos algumas metodologias, que citamos abaixo:

Tabela 1 – Estratégias Educacionais.

Aprendizagem personalizada	Aprendizagem adaptada aos ritmos e necessidades de cada pessoa; é cada vez mais importante e viável.
Aprendizagem colaborativa, entre pares	Um segundo movimento é o da aprendizagem em diversos grupos de interesse, presenciais ou virtuais, que compartilham o que sabem, e que se ajudam nas/com as nossas dúvidas.
A aprendizagem por orientação com profissionais mais experientes	O terceiro movimento na aprendizagem acontece no contato com profissionais mais experientes (professores, tutores, mentores).
Gameificação	Os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos (gameificação) estão cada vez mais presentes na escola e são estratégias importantes de encantamento e motivação para uma aprendizagem mais rápida e próxima da vida real.
Diversidade de técnicas	Cada abordagem - problemas, projetos, <i>design</i> , jogos, narrativas... - tem importância, mas não pode ser superdimensionada como a única.
Inverter o foco e as estratégias (Sala de aula invertida)	No ensino convencional, os professores procuram garantir que todos os alunos aprendam o mínimo esperado e, para isso, explicam os conceitos básicos e pedem que os alunos, depois, os estudem e os aprofundem através de leituras e atividades.
Aprendizagem ativa pela investigação	Os estudantes, sob orientação dos professores, desenvolvem a habilidade de levantar questões e problemas e buscam - individual e coletivamente, utilizando métodos indutivos e dedutivos - interpretações coerentes e soluções possíveis.
Aprendizagem baseada em problemas	Mais ampla, propõe uma matriz não disciplinar ou transdisciplinar, organizada por temas, competências e problemas diferentes, em níveis de complexidade crescentes.
Aprendizagem baseada em projetos	É uma metodologia de aprendizagem em que os alunos se envolvem com tarefas e desafios para resolver um problema ou desenvolver um projeto que também tenha ligação com sua vida fora da sala de aula.

Fonte: Moran (2018, p. 03-10)

Moran (2015) afirma que as metodologias ativas precisam complementar o método de ensino em sala de aula. Dito de outro modo, para que os estudantes sejam proativos e criativos, precisamos instigá-los no desenvolvimento de atividades mais complexas, em que tenham que tomar decisões, sendo mais críticos e reflexivos.

O aluno deve possuir uma postura mais inclusiva, utilizando as metodologias ativas. São necessárias, sempre, a orientação e a motivação do professor para que, de fato, essa metodologia funcione como uma ferramenta que desenvolva os educandos e que não fique, portanto, apenas em um discurso metodológico para valorizar as tecnologias em sala de aula.

Para Souza (2017), as metodologias ativas podem caracterizar uma alternativa que viabilize a articulação entre teoria e prática. Por meio destas práticas educativas, os alunos devem ser motivados a desenvolver as suas vivências para que a escola esteja próxima do mundo em que vivem e onde viverão.

3 Utilização dos recursos tecnológicos na educação através das metodologias ativas

Para a utilização dos recursos tecnológicos na educação através de metodologias ativas, os estudantes precisam de habilidades e conhecimentos que os estimulem a analisar, questionar e entender o contexto em que estão colocados. Precisam, também, desenvolver uma capacidade analítica para atuação em suas vidas, para que se tornem sujeitos proativos e críticos. O papel do professor é fundamental, porque sua ajuda irá articular/desenvolver todas essas competências junto aos educandos.

O docente deverá inserir estratégias metodológicas de ensino que façam com que o aluno se torne reflexivo, criativo e com uma capacidade crítica elevada. “Um bom professor pode enriquecer materiais prontos com metodologias ativas: pesquisa, aula invertida, integração na sala de aula e atividades *on-line*, projetos integradores e jogos” (BACICH, 2015, p. 35).

Pelas possibilidades e benefícios, torna-se importante pensar sobre a contribuição das metodologias ativas na educação, quer seja utilizando metodologias, quer sejam utilizadas técnicas com recursos tecnológicos inovadores, mas que só farão sentindo se forem auxiliadas e contextualizadas pelos professores.

Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles

precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa (MORAN, 2018, p. 1).

As metodologias ativas são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas. As escolas que mostram novos caminhos estão mudando a forma tradicional de aprender/ensinar, passando a utilizar problemas reais, grandes desafios, jogos, dentre outros, combinando a realização individual com a coletiva para que, juntas, consigam uma solução que favoreça e amplie os conhecimentos dos estudantes e que os ajude dentro da comunidade.

Há muito tempo, Freire (2009) nos mostra a importância de superar a tradicional educação bancária e focar a aprendizagem no aluno, envolvendo-o, motivando-o e dialogando com ele. Moran (2015), por sua vez, cita que a aprendizagem é mais significativa quando motivamos os alunos intimamente, quando eles acham sentido nas atividades que propomos, quando consultamos suas motivações profundas, quando se engajam em projetos em que trazem contribuições, quando há diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las.

Na situação atual, com a necessidade de aulas remotas, o professor precisou utilizar ferramentas tecnológicas para que o aluno se motivasse a estudar e para que conseguisse aprender de uma maneira que fizesse o relacionamento entre a teoria e a prática. É importante destacar, sempre, que os recursos tecnológicos só fazem sentido nessas situações, isto é, se utilizados de forma orientada e contextualizada com a prática educacional. Nessa direção, os estudantes serão orientados a utilizar as ferramentas que fazem sentido para o seu aprendizado.

Além das metodologias já mencionadas, o educador, atualmente, utiliza ferramentas tecnológicas como o *Google Classroom*¹² para organizar atividades e matérias para que os alunos estudem, além da transmissão de aulas via plataforma *Google Meet*¹³, para que o conteúdo possa ser desenvolvido de forma satisfatória para todas as partes envolvidas.

4 Recursos tecnológicos de inovações utilizados durante o período de pandemia

Nota-se que a forma de ensinar vem sendo alterada ao longo do tempo, sobretudo durante a pandemia causada pelo novo Coronavírus. Nessas condições, a Internet é mandatória para que a comunicação possa

¹² *Google Classroom* é uma ferramenta que utiliza o serviço de armazenamento em nuvem (*Google Drive*) para facilitar a relação entre estudantes, docentes e os deveres de casa.

¹³ *Google Meet* é um serviço de comunicação por vídeo desenvolvido pelo Google.

ser estabelecida e para que as trocas de conhecimentos entre alunos e professores possam acontecer. Podemos destacar que esse modelo atual não é uma Educação a Distância (EAD), mas sim um ensino remoto, durante o qual realizamos aulas tanto síncronas quanto assíncronas.

Para Sancho e Hernández (2007), cada vez mais precisamos estar preparados com os recursos tecnológicos, pois estes nos oferecem um meio para aprender de forma simples, rápida e inovadora. Com estes recursos, vamos elaborando um futuro que seja bom para todos.

Para Bacich e Moran (2018), o uso das tecnologias torna-se um desafio nas instituições de ensino, para os docentes e demais profissionais da educação. Professores precisam de formação continuada para que possam se atualizar na utilização das várias tecnologias existentes – que, em tempos atuais, se alteram constantemente. As escolas devem prover este aprendizado a fim de garantir o conhecimento para que esses profissionais consigam desenvolver a discussão acerca dos conteúdos e de uma maneira que chegue ao seu aluno independentemente da forma, remota ou presencial.

Além das metodologias ativas, que são, como dissemos, recursos para o enfrentamento das dificuldades produzidas e/ou agravadas pela pandemia, há recursos complementares que ajudam durante as aulas, ainda que de forma remota, como *Quiz*¹⁴, para fixação de conteúdos, os jogos didáticos digitais, para aulas mais lúdicas e o aplicativo *Kahoot*¹⁵, utilizado para perguntas e respostas.

De acordo com Moran (2018), hoje, a tecnologia é indispensável para a integração de todos os espaços e tempos vivenciados pelos estudantes. É importante cuidar, porém, para que não seja mais um elemento potencializador de exclusões.

5 Considerações finais

Atualmente, estamos vivendo um “mundo novo”, provocado pela atual pandemia. Pelos contextos impostos pela crise sanitária, precisamos utilizar metodologias ativas para o ensino, além de ferramentas tecnológicas que ajudem a ministrar as aulas de forma remota. O chamado “novo normal” requer habilidades específicas por parte dos professores para conduzirem as discussões características das salas de aula, de modo a ajudar o aluno na construção do próprio conhecimento.

¹⁴ *Quiz* é um jogo ou desporto mental no qual os jogadores tentam responder corretamente as questões que lhes são colocadas.

¹⁵ *Kahoot* é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos, usada como tecnologia educacional em escolas e em outras instituições de ensino.

O docente precisa receber uma formação continuada para sua atualização, tanto nas metodologias ativas que irá aplicar em sala de aula, quanto na utilização dos recursos tecnológicos para ministrar suas aulas. Quando essa situação pandêmica for finalizada, talvez ainda tenhamos aulas remotas e, talvez, em um modelo híbrido (presencial e de forma remota), de modo que o educador precisa estar preparado para que essas “novidades” possam acontecer de uma forma tranquila e de um modo que não prejudique os alunos.

Para Moran (2018), as metodologias ativas são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas. O papel do professor, hoje, é, como dissemos antes, mais largo: ele não é mero transmissor de conhecimento, mas facilitador e maestro de um processo educativo que inclui as experiências escolares e que também reverbera na vida além da escola.

De fato, pode-se entender que as metodologias ativas, quando mobilizadas de forma adequada pelo professor, quando contextualizadas com a realidade de seus alunos, fazem todo o sentido para que o docente consiga manter um processo em que o aluno seja o centro do conhecimento, e que também se atualize através do contato com as diversas tecnologias disponíveis atualmente.

Referências

- BACICH, L. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. **Lei Federal n. 8069, de 13 de julho de 1990**. ECA, Estatuto da Criança e do Adolescente. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2010. 207 p. Disponível em: https://crianca.mppr.mp.br/arquivos/File/publi/camara/estatuto_crianca_adolescente_9ed.pdf. Acesso em: 14 ago.2021.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.
- MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; MORALES, E. T. (org.) **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Ponta Grossa: Foca-Foto PROEX-UEPG, 2015. p. 15-31. (Coleção Mídias Contemporâneas).

MORAN, J. M. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: Bacich, L. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 1-25

SANCHO, J.; M; HERNÁNDEZ, F. **Tecnologias para transformar a Educação**. Porto Alegre: ArtMed, 2007.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. Campinas: Autores Associados, 2013.

SOUZA, A. M. **As metodologias ativas na prática de docentes do ensino profissional**. 2017. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/PUC_SP-1_d8f7d815e9c275a10fb5c15b90fd33d8. Acesso em 14ago. 2021.

VOLPATO, A. N; DIAS, S. R. **Práticas inovadoras em metodologias ativas** Florianópolis: Contexto Digital, 2017.

Genética do autismo: é possível compreender a sua herdabilidade?

Maysa Soares de Camargo Fernandes¹⁶

Andréa Cristina de Moraes Malinverni¹⁷

Gianna Carvalheira¹⁸

Introdução

A maioria das doenças e transtornos, que acomete as pessoas no dia a dia, apresenta etiologias complexas, que podem ser de origem ambiental e/ou genética. Dentre os distúrbios complexos, o transtorno do espectro autista (TEA) ainda é um acometimento pouco compreendido na comunidade científica, principalmente do ponto de vista da sua causa. Por isso, o processo de diagnóstico é longo e complexo. Ainda não há marcadores biológicos específicos que auxiliem no diagnóstico do autismo. Assim, o diagnóstico é essencialmente clínico associado a alguns exames complementares, tais como eletroencefalograma (EEG), ressonância magnética nuclear (RMN); exames laboratoriais para identificação de doenças dos erros inatos do metabolismo; audiometria; testes neuropsicológicos; exames utilizados para o diagnóstico da Síndrome de X Frágil; exames de sorologias para sífilis, rubéola e toxoplasmose, entre muitos outros. Todos eles associados são necessários para diagnosticar adequadamente o TEA (AMA, 1988).

Terminada a odisséia até ter o diagnóstico do TEA, outra dificuldade que familiares, pacientes e cuidadores enfrentam é compreender como funciona sua herdabilidade. Assim, depois do diagnóstico, são comuns as perguntas: - Posso ter outro filho com autismo? Tenho um irmão ou familiar com TEA, qual a chance de ter um filho com o transtorno? Como cuidar adequadamente de um indivíduo com autismo? As respostas para estas questões podem ser inúmeras e muitas vezes desconhecidas. Cada

¹⁶ Discente de graduação de Biomedicina, Unifesp, *Campus* São Paulo. *E-mail*: mscfernandes@unifesp.br

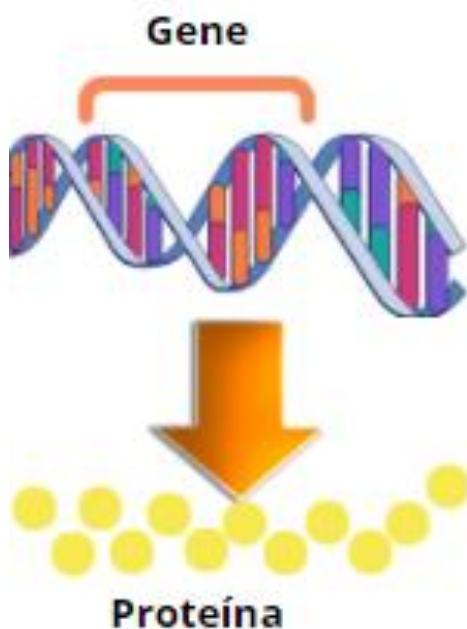
¹⁷ Docente do Departamento de Patologia, Unifesp, *Campus* São Paulo. *E-mail*: andrea.moraes@unifesp.br

¹⁸ Docente do Departamento de Morfologia e Genética, Unifesp, *Campus* São Paulo. *E-mail*: carvalheira@unifesp.br

diagnóstico se refere a um indivíduo em particular, sendo a conduta, seu seguimento e o aconselhamento genético para o indivíduo com TEA e sua família, personalizados.

Antes de analisar a etiologia do TEA, alguns conceitos básicos precisam ser estabelecidos. Primeiro, o conceito de gene e onde ele se localiza. Gene é um segmento da molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico) responsável pelas características herdadas de pais para filhos. Estes contêm instruções para que as proteínas sejam produzidas e desempenhem papéis específicos no organismo (Figura 1).

Figura 1 - **DNA, gene e proteína.** Representação esquemática de uma sequência de DNA que contém uma informação genética (gene) para a produção de uma proteína específica.

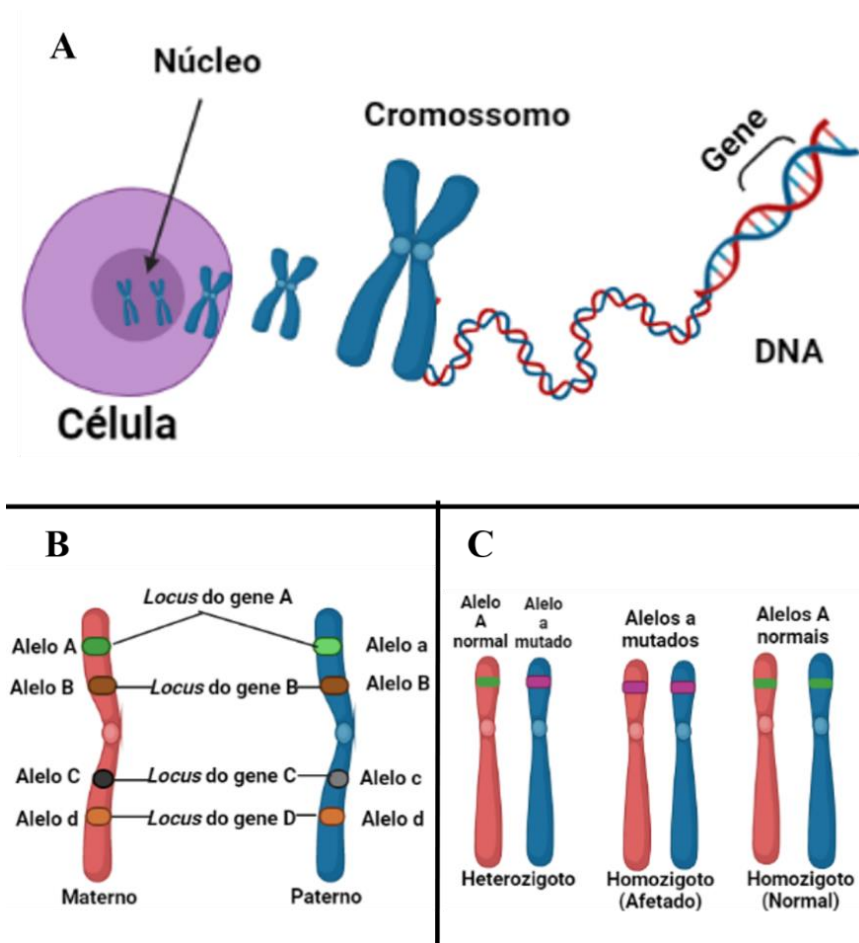


Fonte: Autoria própria.

Mas onde ficam as moléculas de DNA que contêm os genes?

Elas estão presentes nos cromossomos (Figura 2A). Assim, os cromossomos são constituídos por inúmeros genes (Figura 2B). Cada gene se localiza em uma parte específica do cromossomo, chamada de *lócus* (Figura 2B) (GRIFFITHS *et al.*, 2016, p 330). Cada *lócus*, de um par de cromossomos (materno e paterno), contém dois alelos (Figura 2B e C).

Figura 2: **Cromossomos e seus *lôcus*.** **A.** Célula com seu núcleo contendo os cromossomos. Cada cromossomo é constituído por uma molécula de DNA, contendo seus genes. **B.** Dois representantes de um par de cromossomos, um de origem materna e outro de origem paterna, mostrando a localização de quatro genes (**A, B, C e D**), nos seus respectivos *lôcus*, mostrando os alelos. **C.** Pares de cromossomos mostrando um indivíduo heterozigoto, um indivíduo homozigoto para os dois alelos alterados (mutados) e um indivíduo homozigoto para os dois alelos normais.



Fonte: Autoria própria.

Por que cada *lôcus* tem dois alelos? É importante lembrar que todos nós somos constituídos por um conjunto de cromossomos herdado da mãe (materno) e outro conjunto de cromossomos herdado do pai (paterno). Assim, cada cromossomo das nossas células tem duas cópias, uma materna

e uma paterna (Figura 2B). Como cada par de cromossomos contém os mesmos genes, cada gene do nosso organismo tem dois alelos, um materno e um paterno, que pode ser definido como formas alternativas de um mesmo gene (Figura 2B e C) (GRIFFITHS *et al.*, 2016, p 19).

Mas, qual a diferença de um gene e um alelo? Gene é responsável por uma determinada característica (fenótipo), como por exemplo, o tipo sanguíneo (A, B, AB ou O). Por outro lado, o alelo é a variação da sequência de DNA que forma o gene. Por exemplo, o gene que determina o tipo sanguíneo do Sistema ABO está presente em todos os indivíduos, localizado na mesma posição do mesmo cromossomo. Entretanto, o que define se o tipo sanguíneo será A, B, AB ou O (fenótipo) são os alelos presentes no indivíduo (genótipo). Assim, como todos nós temos dois alelos (um de origem materna e outro de origem paterna), um indivíduo com fenótipo do tipo sanguíneo A poderá ter dois genótipos ($I^A I^A$ ou $I^A i$), onde um deles é herdado da mãe e outro do pai (Figura 3). Quando o indivíduo possui um par de alelos idênticos em um *locus*, é chamado de homozigoto; quando o indivíduo possui alelos diferentes, é chamado de heterozigoto (Figura 2C).

Figura 3: **Fenótipo e Genótipo do Tipo Sanguíneo ABO.** A primeira coluna mostra os quatro fenótipos possíveis determinado pelo gene do tipo sanguíneo ABO e a segunda coluna mostra as possíveis combinações de genótipos para cada fenótipo correspondente.

FENÓTIPO	GENÓTIPO
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	ii

Fonte: Autoria própria.

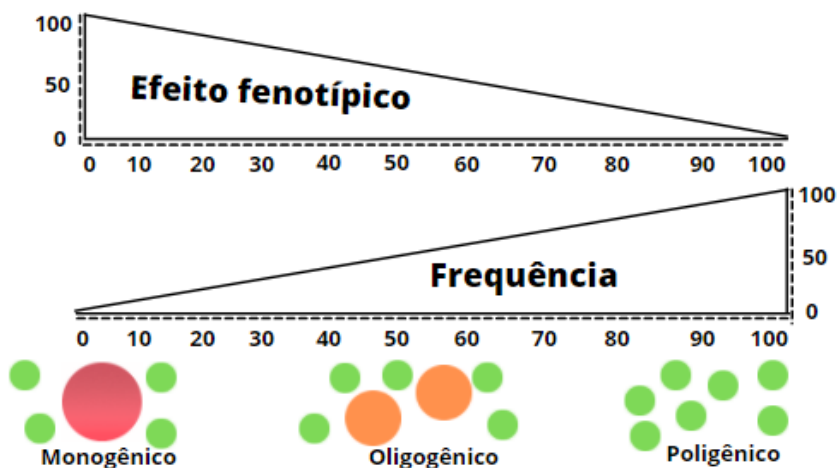
Mas, o que são fenótipo e genótipo? Fenótipo é a expressão do genótipo determinado pelo gene. Assim, tanto as características

bioquímicas, fisiológicas quanto as morfológicas observadas em qualquer indivíduo são denominadas Fenótipo. Genótipo é a constituição genética de um indivíduo, determinada pelas variações da sequência de DNA (alelos, presentes em um *locus*) que o indivíduo apresenta. Por exemplo, no caso de o indivíduo apresentar o fenótipo do tipo sanguíneo B, ele poderá ser constituído pelos seguintes genótipos ($I^B I^B$ ou $I^B i$), onde um dos alelos é herdado da mãe e outro do pai (Figura 3) (THOMPSON & THOMPSON, 2016, p. 1377).

Você deve estar se perguntando: Como todos estes conceitos de genética relacionam-se com o autismo ou com o TEA? Para compreender a etiologia do TEA, é importante considerar aspectos tanto epidemiológicos e evolutivos, quanto as alterações genético/moleculares relacionadas à sua origem. Os transtornos genéticos envolvidos com o autismo são de múltiplas origens (OLIVEIRA, 2017, p. 234). Assim, é importante entender os quatro tipos principais de padrões de herança: monogênico, oligogênico, poligênico e multifatorial.

O modelo de herança monogênico (um único gene), também conhecido como herança mendeliana, é aquele determinado pelos alelos de um único *locus*. A maioria dessas doenças, determinadas por um único gene, é rara. Assim, as doenças monogênicas ou mendelianas estão presentes na população com uma frequência de um em 1.000 a 3.000 indivíduos, e seus efeitos fenotípicos são graves (Figura 4). Por exemplo, a anemia falciforme é uma doença monogênica, igualmente rara, decorrente da alteração (mutação) no alelo do gene *HBB* (OMIM#603903). Este gene forma os glóbulos vermelhos (hemácias), as quais são células responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue. Nos indivíduos que possuem anemia falciforme, as hemácias se apresentam em formato de foice, característica essa que deu origem ao nome da doença. Essa forma de foice provoca uma alteração na membrana da célula e diminui o transporte de oxigênio para órgãos e tecidos do corpo (O FANTÁSTICO MUNDO DA GENÉTICA HUMANA, 2020).

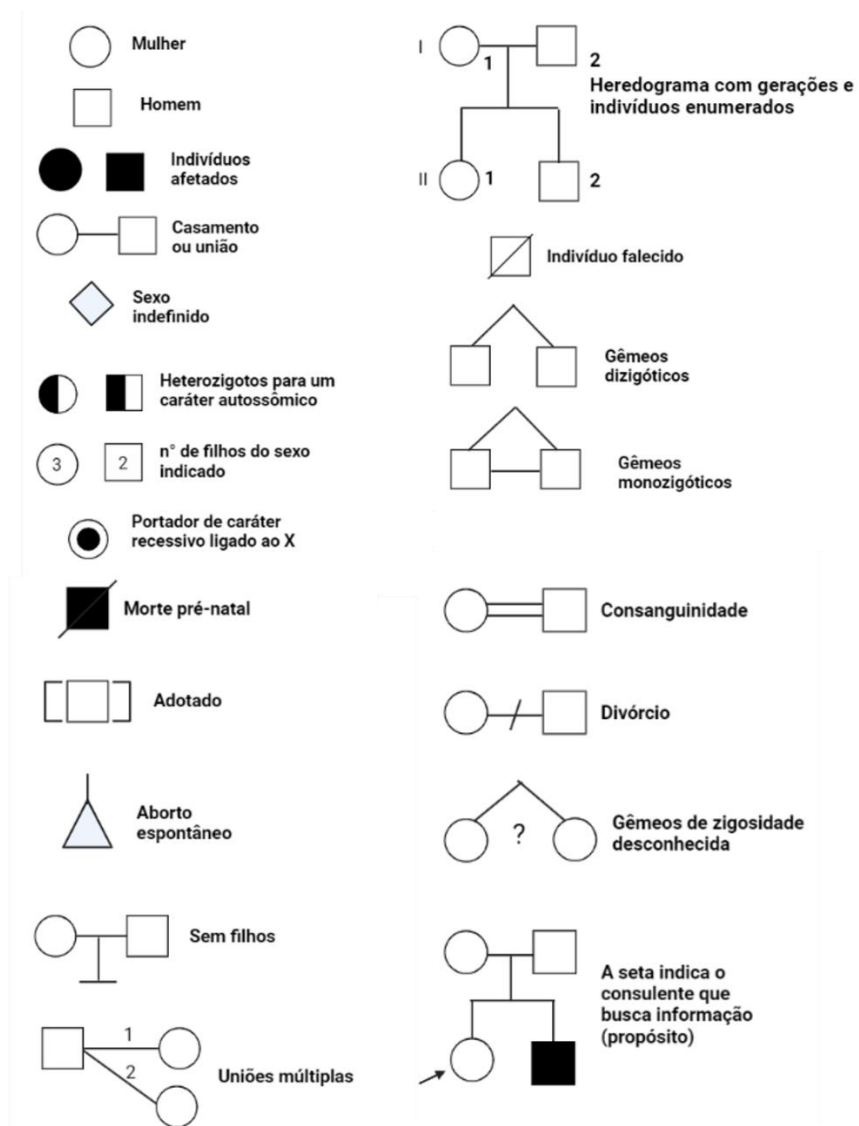
Figura 4: **Relação entre efeito fenotípico e frequência de alelos nas populações nos três padrões de herança (monogênico, oligogênico e poligênico).** No padrão de herança monogênico o único gene, cuja frequência do alelo alterado é próxima a zero, apresenta um grande efeito fenotípico. Por outro lado, o padrão de herança oligogênico, cujos alelos alterados estão presentes nas populações com frequência intermediária, apresenta um efeito fenotípico moderado. E finalmente, o padrão de herança poligênico, cujos inúmeros alelos alterados são muito frequentes nas populações, apresenta um efeito fenotípico baixo.



Fonte: modificada de Giudices e Ackerman (2013, p. 8).

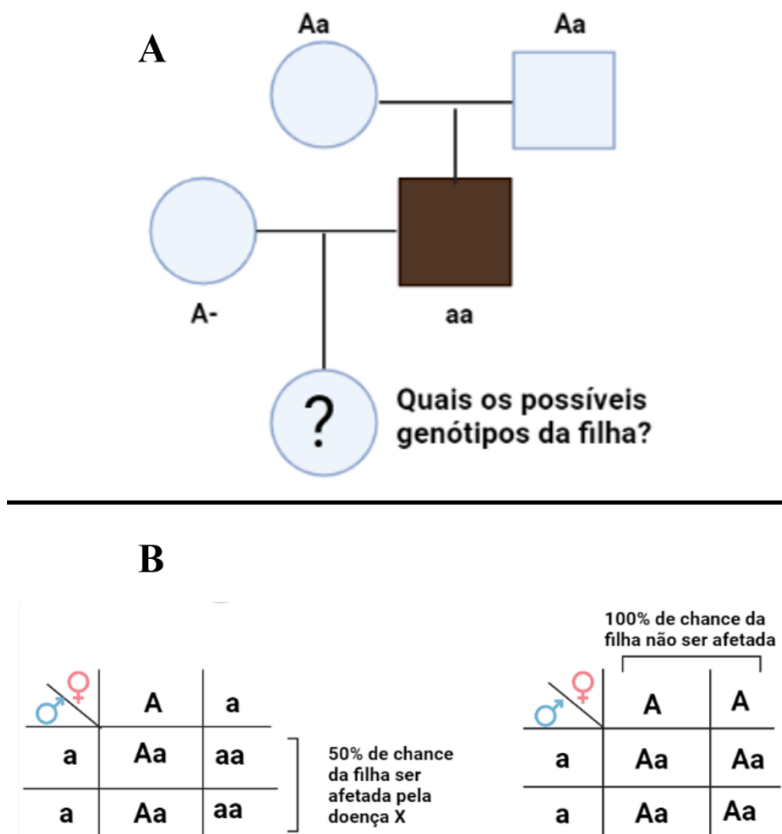
Normalmente, para estabelecer o padrão de herança, o primeiro passo é fazer uma anamnese cuidadosa, colhendo as informações acerca da história familiar do paciente e representá-la sob a forma de heredograma, com o emprego de símbolos-padrão (Figura 5). Assim, no caso da anemia falciforme, se um indivíduo diagnosticado com esta doença quiser saber a chance de sua filha ter o mesmo acometimento (Figura 6A), o risco pode ser calculado utilizando o Quadro de Punnett (Figura 6B), onde na linha superior colocam-se os genótipos dos possíveis gametas (óvulo), oriundos da mãe e na primeira coluna colocam-se os genótipos dos possíveis gametas (espermatozoides), oriundos do pai, que no caso deste exemplo, o pai é afetado pela anemia falciforme. Como a anemia falciforme é uma doença presente em indivíduos homozigotos (**aa**), ou seja, indivíduos com os dois alelos alterados (mutados), ele irá produzir gametas apresentando um único genótipo (**a**), enquanto a mãe, sadia, poderá produzir gametas com dois genótipos possíveis (**A** ou **a**) (Figura 6B).

Figura 5: Símbolos presentes nos heredogramas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6: **Família com doença monogênica e risco de transmissão da doença.**
A. Heredograma de uma família com indivíduo afetado para doença monogênica.
B. Quadros de Punnett mostrando as probabilidades de ter um filho afetado pela doença. No quadro da esquerda, se a mãe é portadora do alelo a, a probabilidade de ter um filho afetado é de 50%. No quadro da direita, se a mãe é homozigota, a probabilidade de ter um filho afetado é nula.



Fonte: Autoria própria.

Outro modelo genético importante é o oligogênico. Neste caso, o acometimento pode ser originado devido à influência de pouco genes, ao invés de um único, como no padrão de herança monogênico, associado a influência ambiental. As alterações (mutações) nestes genes são igualmente raras, e apresenta um efeito fenotípico moderado a grave (Figura 4). Como os acometimentos são originados por alterações em mais de um gene, geralmente existe interação entre os genes para que a doença se manifeste.

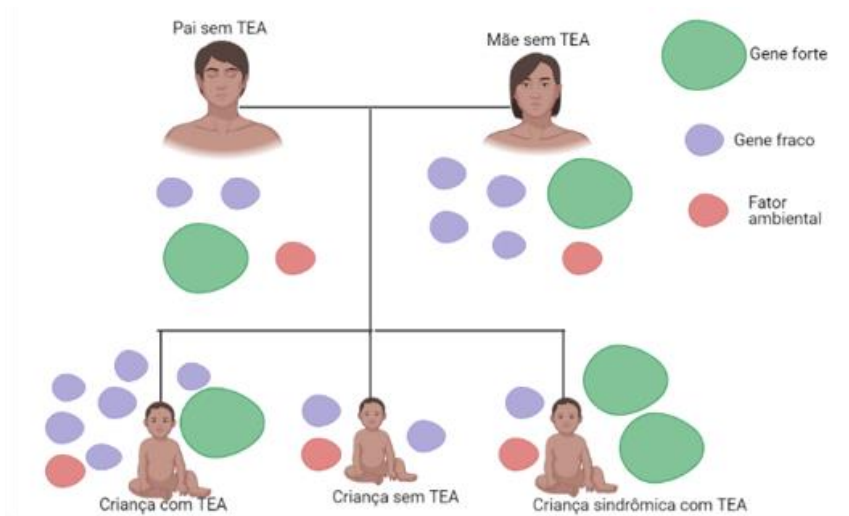
Por outro lado, no modelo genético poligênico, as doenças manifestam-se devido à soma de muitas alterações em muitos genes. Cada uma dessas alterações, individualmente, apresenta um efeito fenotípico pequeno, ou seja, alterações que isoladamente não se manifestam ou são subdiagnosticadas, mas que ao terem seu efeito combinado, quando presentes em um mesmo indivíduo, podem causar uma doença (Figura 6) (PROGENE, 2020).

Por fim, o modelo genético que é observado nas doenças mais comuns é o padrão de herança multifatorial. Neste caso, as doenças manifestam-se devido à presença de inúmeras alterações presentes nas sequências de DNA, podendo ser alterações em genes (*loci*) ou em sequências intergênicas. Ao contrário das doenças monogênicas, onde um único gene, quando alterado, causa um efeito fenotípico grave, as doenças com padrão de herança multifatorial se manifestam devido à somatória de todas as alterações do genoma (interações gênicas), com efeito fenotípico pequeno, somadas ao estilo de vida do indivíduo (fatores ambientais). Os fatores ambientais podem ser os mais diversos, tais como, sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo, consumo de drogas (álcool, maconha etc.), infecções virais ou bacterianas, entre muitos outros fatores (GRIFFITHS *et al.*, 2016, p 1659). Assim, os transtornos multifatoriais podem ser simplificados através da fórmula $F = G + A$, em que **F** representa os sinais clínicos, ou seja, manifestação visível da característica no indivíduo (fenótipo); **G** representa a influência do genótipo (composição genética do indivíduo); e **A** representa a influência do ambiente. A somatória de **G** e **A** é sempre igual a 1, que equivale as manifestações clínicas apresentadas pelos indivíduos. Por exemplo, caso um bebê seja acometido por uma infecção viral nos primeiros anos da infância, esta infecção pode causar, como sequela, a incapacidade intelectual grave. Neste caso, o fenótipo deste bebê resulta inteiramente de um fator ambiental (a infecção viral), portanto, **F** é inteiramente igual a **A**, sendo a influência do fator genético (**G**) igual a zero ($F = A$; $G = 0$). Por outro lado, se uma criança apresenta genótipo para a Fenilcetonúria (PKU), por exemplo, que causa comprometimento intelectual grave se não tratada no período neonatal, a criança terá deficiência intelectual, causado pela presença do seu genótipo (**G**), sendo a contribuição ambiental nula ($F = G$; $A = 0$). Entretanto, no caso da PKU, uma vez iniciado o tratamento, logo após o nascimento, e mantido ao longo da vida, nem sempre ocorre deficiência intelectual grave. Nestes exemplos, o fenótipo final é resultante de fatores genéticos e ambientais ($F = G + A$) (PASTERNAK, 2002, p. 16).

Por isso, os transtornos multifatoriais são complexos, uma vez que a genética do indivíduo não é mais a única variante, como nos transtornos

monogênicos. Em muitos desses transtornos, a condição resulta de alterações (variantes) em vários genes que associados (interação gênica) e combinado a fatores ambientais geram ou predisõem a um acometimento, como o TEA, por exemplo, que envolve uma combinação de fatores genéticos e ambientais (Figura 7). Assim, o padrão de herança multifatorial resultante representa a interação entre o efeito coletivo do genótipo de múltiplos *loci*, aumentando ou diminuindo a suscetibilidade a uma doença, combinada a uma variedade de fatores ambientais que podem iniciar, acelerar, exacerbar ou proteger tanto contra a manifestação quanto o progresso da doença.

Figura 7: **Padrão de herança multifatorial.** Representação esquemática de uma família com três filhos, cada um dos quais com três fenótipos diferentes. Abaixo dos membros da família, estão a representação da combinação entre os fatores genéticos e ambientais.



Fonte: modificada de Hoang *et al.* (2018, p. 4).

Bem, e o autismo e TEA, em que padrão de herança enquadram-se? Estes podem se enquadrar em qualquer um dos quatro tipos de padrões de herança comentados. Por isso, o diagnóstico é longo e penoso, pois é necessário verificar inúmeras possibilidades para ter um diagnóstico. Assim, voltando as questões iniciais: - Posso ter outro filho com autismo? Tenho um irmão ou familiar com TEA, qual a chance de ter um filho com o transtorno? Como cuidar adequadamente de um indivíduo com autismo? As respostas para estas questões vão depender do tipo de herança genética que

cada indivíduo diagnosticado apresenta. Uma vez que o diagnóstico de TEA é estabelecido para determinado indivíduo, uma equipe multidisciplinar, idealmente composta por profissionais de várias áreas, tais como médicos, enfermeiros, biomédicos, biólogos, psicólogos, fonoaudiólogos, terapeutas ocupacionais, assistentes sociais, entre outros, segue conduzindo e acompanhando pacientes e familiares, com o objetivo de proporcionar uma melhor qualidade de vida a todos os envolvidos. Este trabalho multidisciplinar é a base do Aconselhamento Genético (AG). O Aconselhamento Genético se refere ao processo de comunicação que lida com problemas humanos associados à ocorrência, ou risco de ocorrência, de uma doença genética em uma família, envolvendo a participação de pessoas treinadas para ajudar o indivíduo ou sua família a: 1) compreender os fatos médicos, incluindo o diagnóstico, provável curso da doença e as condutas disponíveis; 2) apreciar o modo como a hereditariedade contribui para a doença e o risco de recorrência para seus parentes; 3) entender as alternativas para lidar com o risco de recorrência; 4) escolher o curso de ação que pareça apropriado em virtude do seu risco, objetivos familiares, padrões éticos e religiosos; e 5) ajustar-se, da melhor maneira possível, à situação imposta pela ocorrência do acometimento na família, bem como à perspectiva de recorrência do mesmo (EPSTEIN, 1975, p. 240). O aconselhamento genético para TEA envolve: (1) explicação aos pais sobre os aspectos genéticos do transtorno; (2) avaliação clínica do paciente e estudo da história familiar; (3) discussão das opções de teste genético; (4) interpretação dos resultados; (5) explicação sobre os tratamentos disponíveis e prognóstico; e (6) comunicação do risco de recorrência aos pais e ao próprio paciente (OLIVEIRA, SERTIÉ, 2017, p. 235).

Como pode ser observado, a etiologia genética que abrange o autismo e o TEA é complexa. Assim, diante de um diagnóstico de TEA ou autismo, a melhor conduta a seguir é a adesão a todas as orientações dos profissionais de saúde para que tanto paciente quanto familiares e cuidadores possam ter uma melhor qualidade de vida, bem estar ao longo de todo tratamento, e poder tomar as decisões apropriadas a seu contexto familiar.

Referências

Associação de Amigos Autistas (AMA). **Entidade declarada de utilidade pública pelos decretos** |Federal: D.O.U 24/06/1991 | Estadual: Decreto 26.189 de 6/11/1986 | Municipal Decreto 23.103 de 20/11/1988

BRUNONI, D. Aconselhamento Genético, **ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, 2002.

CARVALHEIRA, G.; VERGANI, N.; BRUNONI, D. Genetics of autism. **Ver. Bras. Psiquiatr.**, v. 26, n. 4, 2004. DOI:10.1590/s1516-44462004000400012.

CARVALHO-FILHA, F. S. S.; SILVA, H. M. S.; CASTRO, R. P.; MORAES FILHO, I. M.; NASCIMENTO, F. L. S. C. Coping e estresse familiar e enfrentamento na perspectiva do transtorno do espectro do autismo. **Revista Sena Aires**. 2018, ISSN Online: 2179-0981.

FARO, K. C. A.; SANTOS, R. B.; BOSA, C. A.; WAGNER, A.; SILVA, S. S. DA C. Autismo e mães com e sem estresse: análise da sobrecarga materna e do suporte familiar. **Psico**, v. 50, n. 2, p. e30080, 1 ago. 2019, DOI: 10.1590/S1679-45082017RB4020.

GIUDICESSI, J. R.; ACKERMAN, M. J. Determinants of incomplete penetrance and variable expressivity in heritable cardiac arrhythmia syndromes. 2013, DOI: 10.1016/j.trsl.2012.08.005.

GRIFFITHS, J. F. A. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

HOANG. N; CYTRYNBAUM. C.; SCHERER. W. S. Communication complex genomic information: A counselling approach derived from research experience with Autism Spectrum Disorder, **Patient Educ Couns**, v. 102, n. 2, 2018. DOI: 10.1016/j.pec.2017.07.029.

NUSSBAUM, L. R.; MCINNES, R. R.; WILLARD, F. H. Thompson & Thompson. **Genética Médica**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

O Fantástico Mundo da Genética Humana. Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), 2020. Acesso em: https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=315130510097763&id=104694171141399; https://www.instagram.com/p/CQTRM-Gn9-r/?utm_source=ig_web_copy_link.

OLIVEIRA, G. K.; SARTIÉ, L. A. **Transtornos do espectro autista: um guia atualizado para o aconselhamento genético**, Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil. v. 15, nº. 2, 2017, DOI: 10.1590/S1679-45082017RB4020.

PASTERNAK, J. J. **Genética Molecular Humana: Mecanismos das Doenças Hereditárias**. Barueri: Luagraf, 2002.

Programa Genoma e Neurodesenvolvimento – Progene, Centro de Pesquisas sobre o Genoma Humano e Células Tronco, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), 2020.

Proposta de ferramenta web para o auxílio ao diagnóstico de autismo usando eye tracking

Vinicius Figueiredo Santana¹⁹

Talita de Paula Cypriano de Souza²⁰

José Erick de Souza Lima²¹

1 Introdução

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de ferramenta web para o auxílio no diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista (TEA), por meio de técnicas de identificação da face e dos olhos e *eye tracking*, com o foco na utilização de câmeras simples, de fácil acesso e menor custo.

Levando em consideração os trabalhos relacionados e análise de metodologias de rastreamento ocular existentes, especulando as tecnologias e dispositivos de captura de imagens disponíveis, definiu-se o processo adequado para construção da ferramenta. Este estudo foi embasado em resultados comparativos, que demonstraram uma indicação forte de diagnóstico do TEA nos casos em que houve maior tempo de foco do olhar nas imagens de formas geométricas, em relação às imagens de outras crianças (PIERCE et al., 2011).

O TEA causa um déficit persistente na comunicação e interação social em diferentes contextos e a realização de padrões restritivos e repetitivos de comportamento, interesse ou atividades específicas, causando prejuízo à vida do indivíduo (DSM-V, p. 50). Devido a esses fatos, o autismo é categorizado como um transtorno invasivo ao desenvolvimento do indivíduo por comprometer seu crescimento intelectual e compartilhamento do ambiente social em que vive. Segundo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - 5ª Ed. (DSM-V, p. 55), os sintomas podem ser percebidos pelos pais ou cuidadores das crianças a partir dos doze meses, entretanto é mais facilmente reconhecido entre doze

¹⁹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: vinicius_santana@outlook.com

²⁰ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: talita@ifsp.edu.br

²¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: erick@ifsp.edu.br

e vinte quatro meses. Por conta dos sintomas já manifestados nessa faixa etária e da condição da criança afetar o seu desenvolvimento intelectual, quanto antes é iniciado o tratamento, maiores são os benefícios na vida da criança com TEA, levando a um maior desenvolvimento de sua autonomia.

O número de casos de autismo identificados na população mundial cresceu drasticamente. Segundo Fombonne (2009), a incidência média de pessoas com TEA, independente do grau, está entre 6 e 7 para cada 1.000 pessoas, ou seja, é estimado que haja aproximadamente uma pessoa com autismo a cada 150 indivíduos. Somente no Brasil era estimado no ano de 2011 que 1,5 milhões de brasileiros estariam com o transtorno (PAULA et al., 2011).

Atualmente, o diagnóstico do TEA só é possível a partir da análise comportamental do indivíduo, como pode ser observado nos critérios de diagnóstico do DSM-V e em diversas ferramentas de triagem e diagnóstico (CASTRO-SOUZA, 2011), sendo necessário, na maioria das vezes, a aplicação por meio de um profissional treinado. Isso ocorre devido ao transtorno não apresentar nenhuma condição física aparente e a gama de genes que possivelmente estão ligados à sua causa ainda serem muitos (913 de acordo com a iniciativa científica SFARI).

Pierce et al. (2011) avaliaram a preferência de padrões geométricos no lugar de imagens sociais por diversas crianças, incluindo dentro do espectro autista, outros transtornos invasivos do desenvolvimento ou atrasos no desenvolvimento. A pesquisa utilizou de uma câmera infravermelha capaz de seguir os movimentos dos olhos, uma técnica chamada de *eye tracking* (rastreamento ocular). Por meio desse equipamento e técnica, concluíram então que as crianças que passavam tempo demais observando os padrões geométricos tinham grandes chances de serem autistas.

Ao observar que um dos sintomas específicos do TEA é a ausência de contato visual (GADIA; TUCHMAN; ROTTA, 2004) e como *webcams*, dispositivos móveis e outros dispositivos de auxílio a acessibilidade atualmente conseguem interpretar o ponto focal de quem utiliza, surge a oportunidade de criar uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico que não seja estranha a criança.

2 Metodologias de rastreamento

Eye tracking ou rastreamento ocular é uma metodologia que possibilita pesquisadores e estudiosos a compreenderem a atenção visual de uma pessoa a um objeto, tela ou dispositivo (BERGSTROM; SCHALL, 2014). A partir dessa metodologia, pode-se obter diversas informações comportamentais sobre o usuário, tais como o ponto focal que está sendo

observado, em que momento e por quanto tempo e qual o caminho feito pelos seus olhos até se posicionarem ali. Os campos de atuação dessa técnica se estendem da psicologia cognitiva e marketing até pesquisas envolvendo a interação humano-máquina.

O rastreamento ocular pode ser realizado por meio de dois métodos para a captação do movimento dos olhos. Eles são denominados conforme o método de captação e interpretação dos movimentos dos olhos, sendo eles o método de rastreamento do olho ativo (*active eye tracking*), também chamado de método invasivo, e o método de rastreamento do olho passivo (*passive eye tracking*), também chamado de método não-invasivo (PAPOUTSAKI, 2018).

2.1 Método de rastreamento do olho ativo

O método de rastreamento ativo ou método de rastreamento invasivo, propõe rastrear o movimento que os olhos realizam por meio de ferramentas colocadas nos olhos ou próximo dos olhos do paciente. Papoutsaki (2018) compilou em seu trabalho a evolução dos métodos, que foram mudando drasticamente.

Inicialmente os métodos foram sendo realizados com os avaliados parados e impedidos de qualquer movimento, passando pelo uso de elementos químicos como mercúrio e bicarbonato de sódio, aplicados diretamente nos olhos dos avaliados até alcançar o método de lentes com guias metálicas e eletrodos próximos aos olhos. Todos os métodos de rastreamento ativo foram abandonados com o tempo devido aos seguintes problemas: em muitos deles o participante era impedido de se mexer, muitos deles eram facilmente distorcidos por movimentos de cabeça e todos eram perigosos e/ou invasivos.

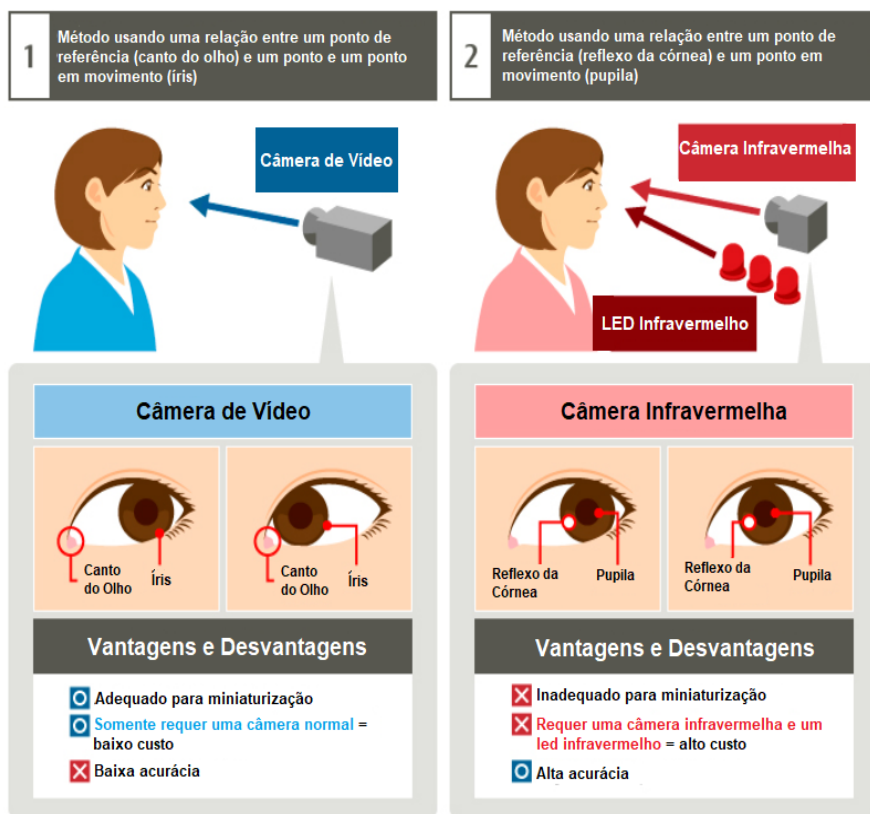
2.2 Método de rastreamento do olho passivo

Método de rastreamento do olho passivo ou método não-invasivo é o método de rastrear o movimento que os olhos realizam por meio de dispositivos de fotografia ou vídeo. Esse método iniciou com os dispositivos de Dodge e Clime, em 1901, baseado em fotografar os olhos dos avaliados com eles parados. Em meados de 1970, aconteceu a maior revolução desse método, quando imagens de vídeo começaram a ser processadas junto com reflexões na córnea. Hoje em dia, os métodos utilizam câmeras comuns de dispositivos ou câmeras especiais infravermelhas.

Os métodos que utilizam as câmeras comuns são métodos que se baseiam na distância entre a íris e o canto do olho, podendo ser utilizados

com qualquer combinação de câmeras digitais (*webcams* ou câmeras integradas) e computadores, somente dependentes da definição da câmera e da capacidade de processamento do computador, permitindo assim uma solução completa com menor custo de produção. A Figura 1 ilustra os principais métodos de rastreamento ocular utilizados atualmente, em que se pode observar as câmeras comuns e as câmeras com infravermelho.

Figura 1 - Comparativo rápido entre câmeras comuns e câmeras infravermelhas na execução do rastreamento do olhar (tradução própria).



Fonte: Fujitsu Journal (2014).

Porém, devido ao fato de utilizar câmeras não criadas para esse propósito e não terem sistemas próprios para interpretação desses dados, essas soluções exigem métodos de calibração para se tornarem eficientes. Este fato custa às soluções que utilizam câmeras comuns uma perda na acurácia e um tempo maior de processamento dos dados captados.

Os métodos que utilizam as câmeras infravermelhas são métodos que se baseiam na distância do reflexo gerado na córnea do usuário devido à luz infravermelha e à posição da pupila do usuário. Por utilizarem câmeras especiais, o custo dessas soluções costuma ser bem elevado, geralmente sendo realizadas por empresas especializadas no ramo e com equipamentos alugados. Comparada com os métodos com câmeras comuns, aqueles com as câmeras infravermelhas acabam proporcionando melhores resultados e precisão.

3 Trabalhos relacionados

A seguir, algumas soluções que trabalham utilizando câmeras comuns e câmeras que possuem infravermelho.

- ***xLabs***: A *xLabs* disponibiliza um kit de desenvolvimento de *software* (*software development kit – SDK*) para a construção de *softwares* baseados nas suas tecnologias de rastreamento dos olhos e do foco utilizando de qualquer *webcam* disponível. Sua tecnologia, por estar integrada a ferramentas de aprendizado de máquina, permite ao usuário mover a cabeça sem perder a calibração realizada anteriormente, permitindo livre movimento da cabeça do usuário. Até é possível utilizar suas APIs para *web*, mas seu código é fechado e não há muita difusão de seu uso na área de pesquisa e desenvolvimento, sendo um empecilho para o desenvolvimento de uma ferramenta naturalmente de código aberto;
- ***WebGazer***: É uma biblioteca de comandos em *Javascript* para ser utilizada em conjunto com a imagem captada por qualquer *webcam* em qualquer navegador. Ela prediz o ponto de foco do usuário e realiza auto calibração em caso do usuário se mover. Pode ser aplicada a qualquer *website*, possibilitando ser utilizado na maioria dos navegadores e na maioria dos dispositivos. Entretanto, não foi possível encontrar uma fonte confiável de documentação, além de ser necessário o *mouse* para executar certas funções da ferramenta;
- ***EyeFace***: Um kit de desenvolvimento para aplicações que trabalhem com a identificação de rostos, posição de cabeça, ângulo de visão, entre outros fatores que utilizem o mapeamento do rosto de uma pessoa. Dentro dele há bibliotecas que conseguem realizar a leitura e mapeamento da visão no computador. Seu código é fechado e é necessária a aquisição de licença;
- ***PyGaze***: Conjunto de pacotes escritos em *Python* que podem realizar não somente o rastreamento do ponto de foco como também gerar mapas de atenção. Tem seu código aberto para modificações e permite assim a compreensão de como os dados são captados e manipulados. Os pacotes

conseguem trabalhar com ambos os métodos de captação (câmera comum e câmera infravermelha). Infelizmente os pacotes pararam de serem atualizados na sua versão 0.4, ainda em 2013. Mesmo com o apoio comunitário de outras pessoas, a sua documentação não é atualizada desde 2014.

4 Metodologia

Utilizou-se o método de desenvolvimento rápido de aplicações (*Rapid Application Development* ou *RAD*) (MARTIN, 1991). Primeiramente, foram elencados e estabelecidos os requisitos. Depois, iniciou-se a codificação da ferramenta buscando atender os objetivos das pessoas que iriam interagir com a ferramenta, a partir do levantamento bibliográfico. Concluídas as fases de construção e *design* do usuário, realizou-se a fase de transição com uma prova de conceito com os resultados da ferramenta e dos relatórios exportados.

Por conta de suas características, o método de rastreamento do olho passivo por meio de câmeras comuns CMOS foi elencado, pois são comumente encontradas em celulares, *webcams* e *notebooks*. Ao adotar essa abordagem é obtido como resultado um escopo de projeto menos oneroso.

Considerando que muitas bibliotecas disponíveis para as aplicações relacionadas a este estudo são comumente encontradas e utilizadas na linguagem *Python*, ela foi selecionada como linguagem padrão durante o desenvolvimento da ferramenta.

Desenvolver esta ferramenta voltada ao ambiente *Web* abrange o maior número de sistemas operacionais existentes, focando no desenvolvimento de *sites* responsivos acessados por meio de dispositivos móveis. Para tal tarefa, utilizou-se o *framework Django* (2020), que possibilita a criação deste ambiente *web* em linguagem *Python*, HTML, CSS e *Javascript*.

Para a identificação da face e dos olhos do usuário, adotou-se o *toolkit open-source OpenCV* (2020), na linguagem *Python*, devido a existência de uma grande comunidade de suporte, possibilitando um grande apoio para futuras melhorias. No auxílio das funções de identificação da face, precisamente a posição dos pontos de referência da face (olhos, sobrancelhas, boca, maxilar e nariz), que seriam manuseados pela biblioteca *OpenCV*, utilizou-se o *toolkit open-source DLib* (2020), devido ao conjunto de ferramentas auxiliares as tarefas executadas posteriormente pela biblioteca *OpenCV*.

Em relação a execução das funções matemáticas complexas envolvendo as imagens e *arrays* obtidos durante a execução da ferramenta

utilizou-se o *toolkit open-source NumPy*. Para o desenvolvimento de relatórios de compreensível para aqueles que executarem a ferramenta, utilizou-se o *toolkit ReportLab* (2020), por oferecer uma biblioteca permitindo criar diferentes tipos de documento em formato .pdf, formato comum na *web* para criação e leitura de documentos. Finalmente, para formatação visual da página do *site* e melhor adequação do conteúdo, de maneira a fornecer melhor usabilidade ao profissional, utilizou-se o *toolkit Bootstrap* (2020).

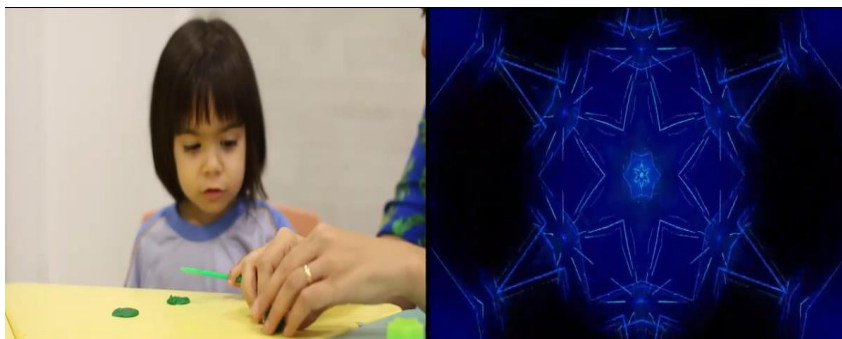
A ferramenta proposta tem dois requisitos funcionais: (i) realizar a identificação da direção do olhar da criança, o cerne de todo o projeto; e (ii) exportar os resultados obtidos para serem avaliados pelo médico responsável pelo exame. E como requisito não funcional, o acesso por meio do navegador e a utilização sem perda de eficiência em dispositivos móveis.

5 Desenvolvimento

Para a criação do vídeo de análise foi utilizado o software gratuito de edição de vídeos Da Vinci. As imagens de dinâmica geométrica (IDG) utilizadas no vídeo deste trabalho foram retiradas do canal *Wiens Sauce*, na plataforma de vídeos YouTube, respeitando as diretrizes da plataforma e as licenças descritas pelo autor.

As imagens de dinâmica social (IDS) utilizadas no vídeo foram retiradas do banco de imagens Pixabay (2020), respeitando as diretrizes e licenças indicadas. Selecionou-se cinco vídeos pequenos para compor o vídeo de análise, dos quais três têm em destaque a face de outra criança e dois têm em destaque atividades simples como brincadeiras ou dança. O vídeo foi construído para mostrar uma IDG e IDS lado a lado durante o período de um minuto e registrar o período de atenção focado da criança em cada lado. Para os relatórios de resultados, o vídeo também foi segmentado em cinco cenas, cada uma delas tendo uma IDS em foco. Na Figura 2 é mostrado um recorte do vídeo final.

Figura 2 - Recorte de um frame do vídeo final criado para ser utilizado na ferramenta



Fonte: PIXABAY GMBH (2020).

Para a captação e manipulação das imagens para se obter o foco do olhar, foi seguido como base o código criado por Canu (2019) e, posteriormente, modificado para atender às necessidades estabelecidas neste trabalho. O ciclo das informações descrito a seguir pode ser acompanhado com o auxílio dos números entre parênteses e do esquema visual mostrado na Figura 3.

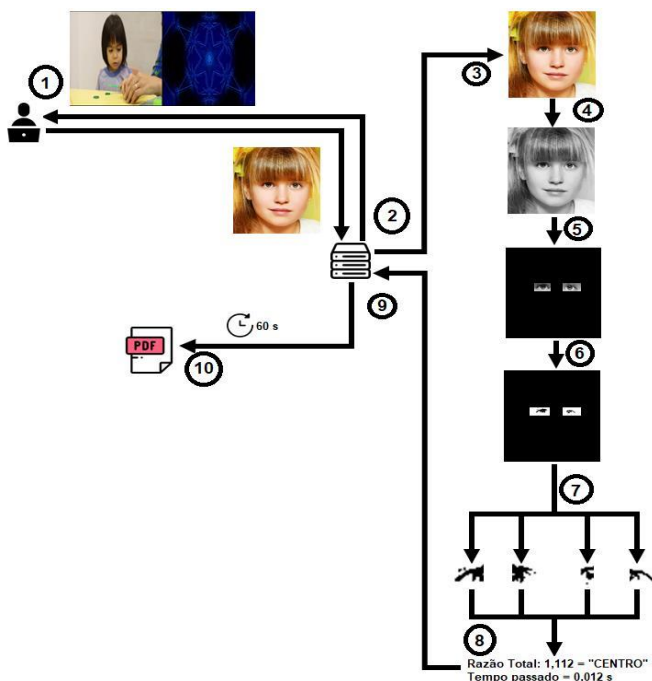
Enquanto a criança assiste o vídeo de análise, contendo as IDGs e as IDSs (1), a câmera recebe um frame captado pela câmera do dispositivo contendo a sua face (2). Esse *frame* (3) é convertido para a escala de cinza pelo *OpenCV* (4) e nessa imagem é identificado o rosto e os pontos de referência dos olhos pelo *toolkit* DLib. Essas informações são armazenadas pelo NumPy no formato de *arrays*.

Com essas informações o *OpenCV* pode criar uma tela preta contendo somente os olhos em escala de cinza (5). Então os olhos passam por um processo chamado *thresholding*, convertendo de uma imagem qualquer em uma imagem binária (6). Isso significa que os *pixels* coloridos serão convertidos para *pixels* pretos ou brancos, dependendo de um valor base. A partir deste ponto esse valor será identificado por valor do limiar.

Com essas informações o *OpenCV* pode criar uma tela toda preta contendo somente os olhos em escala de cinza (5). Durante testes no desenvolvimento deste trabalho, foi definido 53 como valor do limiar, pois a imagem não ficava tão escura cobrindo detalhes importantes e não se perdia o contorno dos olhos. Após isso, o *NumPy* cria matrizes (7): uma iniciando no lado direito até o centro do olho direito e outra do centro até o fim do lado esquerdo do olho direito. O mesmo acontece para o olho esquerdo, totalizando assim quatro matrizes. Essas matrizes são preenchidas

com os dados do *thresholding* do passo anterior. Nessa altura existem quatro matrizes contendo somente dados binários correspondentes à posição dos olhos da criança no mesmo momento que ela observa o vídeo.

Figura 3 - Ciclo de envio e captura dos frames de vídeo, tratamento da imagem, cálculo da possível posição do ponto focal da criança e envio do relatório.



Fonte: modificado de PIXABAY GMBH (2020).

Dessa forma, o *OpenCV* executa uma função chamada *countNonZero* nas quatro matrizes, que conta todos os valores diferentes de zero que estão armazenados dentro das matrizes. Após essa contagem é calculada a razão entre os valores encontrados nas matrizes de cada hemisfério de um olho. Isso é feito para o outro olho. Depois desse cálculo é feita a média aritmética das razões (8). Devido aos resultados serem muito pequenos são utilizados três algarismos significativos para a classificação da direção do olhar.

Durante os testes observou-se que, se a média das razões é menor igual a 1,000, pode-se concluir que o observador está olhando para a direita; se estiver entre 1,000 e 1,700, o observador está olhando para o centro da tela; e se a média for maior que 1,700, o observador está olhando para a

esquerda. A informação da direção do olhar do observador e o tempo observado para aquela direção retornam para o servidor (9) e são armazenados em outros *arrays* específicos para serem utilizados posteriormente nas exportações de resultados.

Após 60 segundos de vídeo (10), os resultados do teste podem ser adquiridos de três maneiras diferentes, que podem ser visualizadas em forma de um relatório detalhado, resumido ou em formato de arquivo .csv.

6 Resultados

Após o encerramento do vídeo, o *software* fornece os seguintes dados gerados: tempo observado para as áreas de interesse (em porcentagem e em segundos) e a chance de o usuário estar dentro do TEA, com base na pesquisa de Pierce et al. (2011)). Todos esses valores estão em um relatório gerado pela ferramenta, que pode ser exportado em forma de um documento detalhado como mostrado na Figura 4 ou resumido de maneira que o médico possa compreender rapidamente como na Figura 5. Há também como exportar os dados em formato .csv como mostrado na Figura 6.

Figura 4 - Recorte do relatório detalhado exportado pela ferramenta

Cena 1						
						
Tempo da cena (s)	Tempo Observado a Esquerda (s)	Tempo Observado a Esquerda (%)	Tempo Observado em Indecisão (s)	Tempo Observado em Indecisão (%)	Tempo Observado a Direita (s)	Tempo Observado a Direita (%)
15	0.37	2.44	2.2	14.67	12.43	82.89
Cena 2						
						
Tempo da cena (s)	Tempo Observado a Esquerda (s)	Tempo Observado a Esquerda (%)	Tempo Observado em Indecisão (s)	Tempo Observado em Indecisão (%)	Tempo Observado a Direita (s)	Tempo Observado a Direita (%)
15	0.03	0.22	0.1	0.67	14.87	99.11

Fonte: modificado de PIXABAY GMBH (2020).

Figura 5 - Recorte do relatório resumido exportado pela ferramenta.

Nº do Trecho	Tempo Passado no Trecho (s)	Tempo Observado a Esquerda (%)	Tempo Observado em Indecisão (%)	Tempo Observado a Direita (%)
1	15	15.56	6.67	77.78
2	15	36.44	7.11	56.44
3	8	18.22	2.89	32.22
4	10	24.22	11.78	24.0
5	12	44.67	16.22	25.56
Total	60	34.78	11.17	54.0

Os tempos de observação da criança nas áreas de interesse foram inconclusivos. Por favor, refaça o exame.

Fonte: os autores.

Figura 6 - Recorte dos resultados exportados pela ferramenta em formato .csv.

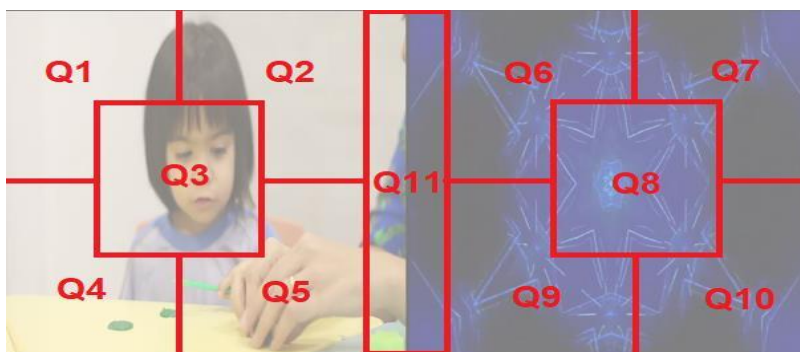
A	B	C	D	E	F	G	H	I
trecho,tempo_ini,tempo_fim,tempo_esq,zona_morta,tempo_dir								
1,0,14999,3033.333333333337,1899.999999999945,10066.666666666668								
2,15000,29999,3866.6666666666806,1899.999999999982,9233.333333333321								
3,30000,37999,1200.0000000000036,866.6666666666497,5933.333333333347								
4,38000,47999,1166.6666666666788,1166.6666666666424,6666.666666666679								
5,48000,59966.66666666667,4266.666666666599,1733.3333333333649,6966.666666666708								
total,0,59966.66666666667,13533.3333333333,7566.66666666665,38866.66666666672								

Fonte: os autores.

Para confirmar o funcionamento da ferramenta e se os resultados obtidos eram confiáveis, foi estabelecido e realizada uma prova de conceito da ferramenta, ou seja, um teste para saber se os resultados obtidos eram confiáveis. Para isso, foram definidos onze quadrantes na área observável do vídeo, conforme Figura 7, e realizado o teste em um computador do tipo desktop, usando uma câmera Logitech C920s, com o auxílio do ponteiro do mouse para auxiliar na observação de ponto fixo na tela.

Esse teste foi repetido trinta vezes para cada quadrante. Os resultados podem ser vistos na Tabela 1. As porcentagens indicam quanto tempo em média a ferramenta correspondeu a área observada do quadrante. Por exemplo, no final dos trinta testes realizados, tendo como ponto focal o ponteiro do mouse dentro da área do quadrante 1, o tempo médio gasto identificado pela ferramenta, observando o hemisfério esquerdo do vídeo, que corresponde do quadrante 1 ao quadrante 5, era de 81,56% ou de aproximadamente 48,936 segundos.

Figura 7 - Localização dos quadrantes na área observável do vídeo



Fonte: modificado de PIXABAY GMBH (2020).

Tabela 1 – Permanência do olhar em cada hemisfério do vídeo após a prova de conceito da ferramenta.

Quadrante focado durante o teste	Período de permanência observado no hemisfério esquerdo do vídeo	Período de permanência observado no hemisfério central do vídeo	Período de permanência observado no hemisfério direito do vídeo
Quadrante 1	81.56%	5.16%	14.11%
Quadrante 2	74.40%	4.66%	20.58%
Quadrante 3	61.38%	3.78%	34.75%
Quadrante 4	63.30%	8.21%	28.31%
Quadrante 5	65.53%	9.37%	25.10%
Quadrante 6	20.8%	10.70%	68.04%
Quadrante 7	19.52%	4.36%	76.12%
Quadrante 8	18.96%	6.21%	74.83%
Quadrante 9	26.60%	3.82%	69,58%
Quadrante 10	28.42%	5.65%	65.93%
Quadrante 11	10.13%	68.26%	21.61%

Fonte: os autores.

Após a prova de conceito, foi ressaltado que diversas variáveis externas à ferramenta não foram levadas em consideração durante o desenvolvimento do escopo do trabalho. Elas são: posição do utilizador e inclinação da cabeça durante a execução do teste, iluminação ambiente e valor do limiar variável as condições externas. Em alguns casos essas variáveis não planejadas chegaram a levar a resultados falsos positivos. Por exemplo, em um dos testes o resultado foi que se passou 68% do tempo se olhando para o centro do vídeo, sendo que o ponto fixo estava no Quadrante 4, e que na análise final percebeu-se que isso foi ocasionado pela inclinação do rosto estar direcionado para a esquerda, resultando em uma razão aproximada de 1.121.

7 Conclusão

Este trabalho apresentou uma ferramenta *web* para apoio ao diagnóstico do TEA, com foco na identificação de uma peculiaridade no olhar. A ferramenta *web* foi implementada na linguagem *Python* e suas *toolkits*, atendendo a necessidade de ser responsivo em dispositivos móveis.

Todos os resultados foram obtidos a partir de testes locais e em ambientes controlados. Como trabalho futuro, vislumbra-se a adaptação da ferramenta para outros ambientes e a realização de testes de usabilidade, inicialmente apenas com especialistas e, em uma segunda fase, com crianças, respeitando os aspectos éticos previstos em experimentos que envolvem pessoas. Nessa segunda fase, pretende-se incluir a validação dessa ferramenta e de seus relatórios junto a um especialista da área que já atua no diagnóstico e tratamento de crianças com autismo.

Para uma terceira fase são planejadas outras melhorias da ferramenta, tal como utilização de outras bibliotecas mais leves, como a *Web Real-Time Communications* (WebRTC), para fazer a transmissão dos vídeos pelo navegador e possibilitar a execução de suas funções de forma assíncrona do servidor a partir da mudança da infraestrutura atual para uma infraestrutura que possibilite seu uso assíncrono como uma *Power Web Application* (PWA).

Referências

American Psychiatric Association. **DSM-5: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais. 5. ed.** Tradução: Maria Inês Corrêa Nascimento *et al.* Porto Alegre: Artmed, 2014.

BERGSTROM, Jennifer Romano; SCHALL, Andrew Jonathan. **Eye Tracking in User Experience.** USA: Elsevie, 2014.

BOOTSTRAP TEAM. **Bootstrap** – The most popular HTML, CSS, and JS in the world, 2020. Página inicial. Disponível em: <https://getbootstrap.com/>. Acessado em: 12 out. 2020.

CANU, Sergio. **Eye detection** – Gaze controlled keyboard with Python and OpenCV p.1, 2019. Disponível em: <https://pysource.com/2019/01/07/eye-detection-gaze-controlled-keyboard-with-python-and-opencv-p-1/>. Acessado em: 5 abr. 2020.

CASTRO-SOUZA, Rodrigo Monteiro de. **Adaptação Brasileira do M-Chat (Modified Checklist for Autism in Toddlers)**. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10210/1/2011_RodrigoMonteiro deCastroSouza.pdf. Acessado em: 15 dez. 2020.

Davis E. King. DLIB-ML: a machine learning toolkit. **Journal of Machine Learning Research**, v. 10, 2009.

DJANGO PROJECT. **Documentation - Writing Your First Django App**, Part 1, 2020. Disponível em: <https://docs.djangoproject.com/en/3.1/intro/tutorial01/>. Acessado em: 2 set. 2020.

FOMBONNE, E. Epidemiology of Pervasive Developmental Disorders. **Pediatric Research**, v. 65, 591–598, USA, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e31819e7203>. Acessado em: 29 set. 2018.

FUJITSU JOURNAL. **Gaze Tracking Technology - The Possibilities and Future.**, 2014. Disponível em: <https://journal.jp.fujitsu.com/en/2014/09/09/01/>. Acessado em: 15 mar. 2020.

GADIA, Carlos A.; TUCHMAN, Roberto; ROTTA, Newra T. Autismo e Doenças Invasivas de Desenvolvimento. **Jornal de Pediatria**, v. 80, n. 2, Brasil, 2004.

KING, Davis E. DLIB-ML: a machine learning toolkit. **Journal of Machine Learning Research**, v. 10, 2009.

MARTIN, James. **Rapid Application Development**. 3ª ed. USA: MacMillan Publishers, 1991.

OPENCV TEAM. **OpenCV**, 2020. Página inicial. Disponível em: <https://opencv.org/>. Acessado em: 16 jul. 2020.

PAPOUTSAKI, Alexandra. **Democratizing Tracking**. Tese (Doutorado em Filosofia) - Departamento de Ciência da Computação, Brown University. Rhode Island, EUA, 2018.

PAULA, Cristiane S. *et al.* Autism in Brazil: perspectives from Science and Society. **Revista da Associação Médica Brasileira** [online]. 2011, v. 57, n. 1, pp. 2-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-42302011000100002>. Acessado em 1 out. 2018.

PIERCE K., CONANT D., DESMOND J., HAZIN, R., STONER R. Preference for Geometric Patterns Early in Life as a Risk Factor for Autism. **Arch Gen Psychiatry**, 2011; v. 68.

PIXABAY GMBH. **Pixabay**, Alemanha. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/>. Acessado em: 5 dez. 2020.

REPORTLAB. **ReportLab – Content to PDF Solutions**. Página inicial. Disponível em: <https://www.reportlab.com/>. Acessado em: 6 dez. 2020.

***Tendências no Ensino da Era Digital e Análise de Dados
(2016 a 2019) Acerca do Uso de TICs por Crianças e
Adolescentes no Brasil – Base de Dados TIC Kids Online
Brasil – NIC.BR/CETIC.BR***

Paulo Henrique Leme Ramalho²²

Wagner Wesley Leme Ramalho²³

Introdução

Diante da gigantesca gama de tecnologia da informação e comunicação (TIC) as quais estamos expostos dia após dia, torna-se inevitável que não soframos mudanças no nosso perfil, como pessoa, cidadão, cliente, estudante, entre outros.

Estamos vivendo a “era” da revolução digital, o que tem resultado em impactos na vida de todos os seres humanos de tal forma que não há registros precedentes na história, pois diferentemente de qualquer outra revolução tecnológica, esta vem causando uma modificação acentuada na velocidade da informação e do desenvolvimento tecnológico, acelerando em um ritmo vertiginoso o ambiente em que vivemos (GABRIEL, 2013, p. 3).

Isso ocorre por meio de recursos tecnológicos como IA (Inteligência Artificial), *Big-Data*, *Cloud Computing*, *Machine E-Learning*, IoT (Internet das Coisas), entre tantas outras. E frente à mudança que estes recursos trazem à humanidade, torna-se imprescindível a inovação na forma como realizamos algumas atividades, como ensinar e aprender. Modernizar o modo como o professor ensina e a forma como o aluno aprende é complicado, considerando que estas ações vêm acontecendo de forma sistêmica desde a Revolução Industrial. Considerava-se importante que os alunos aprendessem a ler, escrever e contar, pois isso bastava para criar bons operários para as indústrias. Depois disso, poucas mudanças realmente significativas ocorreram.

²² Especialista em Gestão Estratégica de TI. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP – Campus Bragança Paulista. *E-mail:* paulo.leme@ifsp.edu.br

²³ Discente de Pós-Graduação em Gestão Estratégica de TI – IFSP. *E-mail:* wagner.wesley.leme96@gmail.com

Outro ponto a ser considerado como “certo obstáculo” para a inovação da educação são os recursos disponíveis como meios para ensinar de forma digital, partindo do pressuposto de que nem todos têm o mesmo acesso, como por exemplo, *hardwares*, *softwares*, internet banda larga e dispositivos em gerais. Ainda discorrendo sobre obstáculos, uma das maiores dificuldades a superar apresenta-se na cultura de quem ensina, pois este deve passar por uma reciclagem, uma quebra de paradigma e abrir-se a novos meios de educar.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo trazer de forma bibliográfica alguns tópicos que abordam tendências para a educação, como perfil de aluno, professor, tecnologias que enquadram-se à educação e por fim, uma análise comparativa de dados dos anos de 2016 à 2019, publicados pelo Departamento do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.BR) e pelo CETIC (Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação) com a finalidade de verificar alguns pontos sobre TICs como: meios mais usados de acesso à internet; tipos de redes de internet mais usadas; idade do usuário em seu primeiro acesso, bem como o impacto que isso representa na sociedade. Desse modo, será possível entender em que estágio a população está em relação a tecnologia e apontar o que pode estar retardando a evolução do ensino no país.

Acredita-se na relevância desta pesquisa quando se questiona a ascendente evolução tecnológica em todos os aspectos da sociedade, inclusive na educação, pois cada vez mais as crianças e adultos estão hiperconectados e, acima de tudo, por acreditarmos que a educação é base fundamental na formação de adultos preparados para a vida e para o mercado de trabalho, que também passam por mudanças de cunho tecnológico, diante da transformação digital.

Como método de pesquisa, optou-se, em um primeiro momento, pela busca de informações publicadas em livros, periódicos, artigos, e sítios eletrônicos que possam colaborar com a construção do referencial teórico deste; e, em segundo momento, uma análise quantitativa dos dados, utilizando como base única o sítio *cetic.br*, que disponibiliza dados de pesquisas anuais referentes a TICs no país em diversos seguimentos. Foi selecionada a base que diz respeito ao acesso a computadores, internet e dispositivos móveis no Brasil. Os dados são disponibilizados gratuitamente à população.

Referencial teórico

Entender para qual estágio a educação tende a caminhar, que é o objetivo central deste trabalho, requer uma contextualização dos grandes

estágios que a educação percorreu até o momento. O primeiro estágio, chamado de “educação 1.0”, perdurou por séculos. Nesta época, as escolas eram conhecidas por Escolas Paroquiais e seus ensinamentos eram voltados à formação eclesiástica. A transmissão de conhecimento acontecia de forma geral em igrejas, casas ou qualquer lugar privilegiado, limitando-se a homens e filhos da elite. Como características da época, o ensinamento acontecia de um tutor a apenas um aluno e estava estritamente direcionado a aprender ler, a escrever, a conhecer os ensinamentos bíblicos, canto e um pouco de aritmética, posteriormente foi incluída a gramática, a retórica, a dialética e o latim.

Segundo Rauber (2018, p. 17), o sistema escolar será reservado para as crianças da elite, portanto não é universal, nem obrigatório. O processo educacional é voltado para a conservação e continuidade do sistema social e político, bem como dos valores efetivos da alta sociedade. O conteúdo pedagógico envolverá diretamente profissão, ética e ensino. A capacidade de ler e escrever oferece um certo sentido de mistério porque com o apoio das sanções religiosas, a autoridade do texto escrito torna-o impecável.

Posteriormente, passou-se pelo estágio da “educação 2.0”, que teve como marco inicial a Revolução Industrial. Neste estágio, os estudantes eram ensinados de forma a atenderem as necessidades das indústrias. Desta forma, iniciou-se a educação em lote, de forma homogênea em salas de aulas, com data e hora estipulados. Os alunos sentavam-se em grandes grupos e os professores transmitiam o mesmo conhecimento a todos, capacitando-os para mais tarde atuarem em fábricas de forma padronizada atendendo às atividades repetitivas e mecânicas nas quais a única exigência era a memorização.

Neste contexto, as escolas são obrigadas adaptar-se à nova ordem, pois atender apenas as elites sociais não fazia mais sentido. O rápido desenvolvimento da indústria e as mudanças nas relações de trabalho exigem cada vez mais que as escolas treinem os futuros trabalhadores por meio da educação técnica (PEIXOTO et al, 2013). Segundo Pilletti (1996, p. 98), “a escola é forçada a modernizar-se, a dar mais importância aos conteúdos técnicos e científicos ao longo das antigas matérias clássicas e literárias”.

Este cenário começou a transformar-se nas últimas décadas devido as ascendentes mudanças consequentes do surgimento de novas tecnologias. A estas mudanças deu-se o nome de “educação 3.0”. Esta nova era da educação causa certo desconforto nos educadores, pois exige constante atualização e reinvenção no modo de ensinar. Segundo Gabriel (2013, p. 99), “até o final do século XX, a maior parte das pessoas estudava apenas

enquanto era jovem e eventualmente fazia algumas atualizações profissionais ao longo da vida, [...] hoje, a necessidade de atualização constante requer que todos estudem o tempo todo, independentemente da idade.”

Esta necessidade faz com que o modelo de ensino tradicional, adotado durante Revolução Industrial torne-se obsoleto e não seja mais suficiente para atender as expectativas que esta nova era exige. Pensando nisto, Gabriel (2013, p. 102) propõe algumas mudanças de paradigmas como a **(A) educação contínua**, com a proposta de que não há mais uma idade para começar a estudar, pois a constante mudança no ambiente em que estamos inseridos requer aprendizado contínuo; a **(B) educação fragmentada** presente nos conteúdos expostos, provenientes de inúmeras fontes distintas e dispositivos conectados, de todos os lugares, vindos de formas enxutas e de fácil absorção; a **(C) educação distribuída**, que permite a troca de informação no modelo *many-to-many* (de muitos para muitos) e não mais como acontecia na era passada, transformando a dinâmica do ambiente e propiciando um aprendizado coletivo em grupos colaborativos; a **(D) educação personalizada** permite que cada indivíduo aprenda no seu ritmo, no formato que lhe for interessante, onde desejar, no horário que mais for produtivo, entre outras particularidades impossíveis no método tradicional; a **(E) aprendizagem ativa** desprende-se do modelo educacional tradicional no qual a aprendizagem era predominantemente passiva em que os alunos aprendiam por meio de conteúdos fixos e limitados pelos professores - com a disseminação das tecnologias as pessoas passam a aprender o que querem, onde querem, como querem, de forma dinâmica e ativa -; os **(F) estudantes híbridos** propõem que as tecnologias funcionem como extensão do cérebro dos estudantes, não é mais necessário que as pessoas usem suas capacidades para memorização; o **(G) professor interface** tem seu papel inovado tendo em vista que o cenário tecnológico traz conteúdo e informações de forma amplamente disponível a todos, cabe ao professor a habilidade de selecionar a informação correta em cada situação, validar, organizar, extrair significado, refletir e solucionar problemas.

Onde entram as TIC's?

Partindo do pressuposto de que todos os seres humanos desenvolvem-se por meio dos estudos e isto que os preparam e os permitem viverem de forma sociável e útil ao meio em que estão inseridos, é possível afirmar que todos devem aprender, mesmo que em níveis diferentes. Isso é previsto pela Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, “a educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na

convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais” (BRASIL, 1996).

Assim, assume-se que diante das transformações culturais, tecnológicas e dos avanços nos conhecimentos, automaticamente transforma-se o que se deve aprender durante a vida. Aprender coisas novas, intrinsecamente está ligado a aprender de forma diferente.

Este trabalho não é uma afirmativa de que não é possível aprender sem a inclusão da tecnologia nesta nova era, mas, como o objetivo gira ao entorno das TICs na educação, assumiremos como verdade a necessidade de que todos se atualizem.

Seguindo a linha proposta por Gabriel (2013), supracitada neste trabalho, aplicar-se-á aos tópicos, algumas possíveis tecnologias.

A **educação contínua** surgiu e está diretamente ligada a grande velocidade com que o conhecimento se torna obsoleto, pois tudo muda muito rápido, os papéis dos seres ativos no mundo estão se inovando e, para que não nos tornemos também obsoletos, devemos nos atualizar. Desta forma, torna-se necessário o estudo contínuo, independentemente da idade. As TICs vêm para facilitar isso, tornar o ensino mais acessível para todos. Algumas TICs fáceis de alinhar a este tópico estão relacionadas ao *e-learning*, que segundo Arouca (2006) é “um sistema de aprendizagem amplo, que envolve recursos tecnológicos computacionais para difundir conhecimento”.

No que tange a **educação fragmentada e distribuída**, poderíamos citar várias TICs relacionadas, como por exemplo, os indexadores de busca, ou até mesmo a *cloud computing*, caracterizada por Mell e Grance do *NIST - National Institute of Standards and Technology* (2011) como um modelo para acesso a rede sob demanda, ubíquo e conveniente para um *pool* compartilhado de recursos computacionais, que é a responsável por abarcar toda essa quantidade de informação e meios que provem o acesso, não apenas de um ponto a outro, mas sim para muitos.

Outros pontos importantes de atentarmos-nos são a aprendizagem **personalizada e ativa**, que só é possível graças a um conjunto de meios tecnológicos, dentre eles: a rede móvel, dispositivos móveis, aplicativos personalizados e específicos com suas infraestruturas por trás dos bastidores. Só assim é possível entregar um conteúdo de forma dinâmica, onde, quando e como querem, atendendo de forma específica a necessidade de cada estudante.

Na proposta dos **estudantes híbridos** que transferem parte do papel do aprendizado às “máquinas”, é fácil notar o papel do armazenamento de dados, informações e conhecimento em algum lugar “desconhecido” que esteja de fácil e rápido acesso, no caso o *armazenamento em nuvem*. Entretanto, para que cada vez mais os estudantes recebam em suas pesquisas dados confiáveis e cada vez mais enxutos, é necessário que a tecnologia escolhida use de inteligência para esse fornecimento, neste caso, poderíamos pensar em IA (Inteligência Artificial) e computação cognitiva que permitem filtrar de forma rápida as informações, personalizá-las e adequá-las ao perfil de cada estudante. E, pensando em quem iria gerenciar este tipo de abordagem, entrariamos no conceito do **professor interface**, que atuaria na validação, organização e orientação dos alunos na busca do aprendizado com o uso desses recursos. Nesta mesma linha, este profissional poderia também recorrer para outros recursos menos complexos e de mais fácil acesso que já é realidade hoje em alguns ambientes, como a lousa digital, recursos audiovisuais, *power point*, *blogs*, plataformas online, redes sociais alinhadas ao conteúdo, realidade aumentada, realidade virtual entre outros. Toda tecnologia é válida quando bem planejada, com o domínio do profissional e com a abordagem certa.

Método de Pesquisa

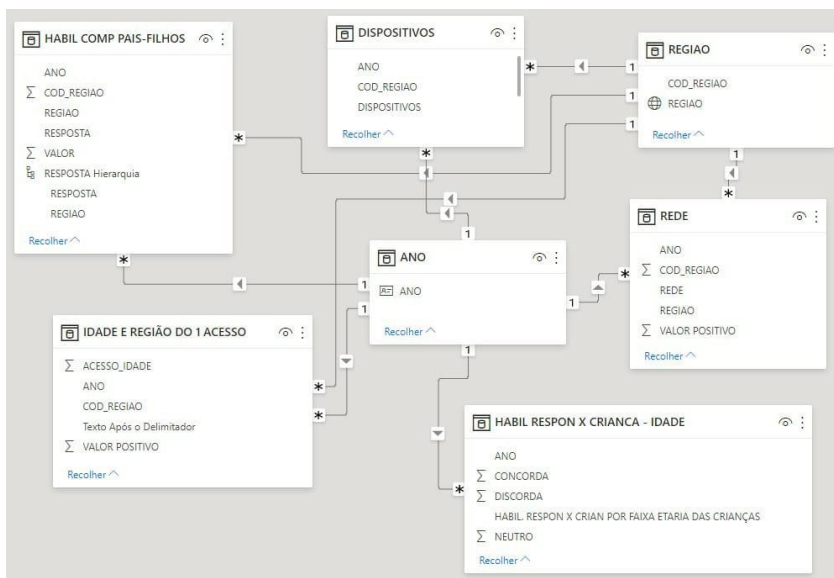
A pesquisa desenvolvida tem como objetivo analisar e comparar os dados publicados pelo CETIC.br, referente aos anos de 2016 a 2019, no que tange ao acesso a TICs pela sociedade. Os dados usados nesta pesquisa estão disponíveis no formato “.xls” no sítio eletrônico “cetic.br”, com o título “Microdados TIC Kids Online Brasil – 2016 – Crianças e adolescentes”, “Microdados TIC Kids Online Brasil – 2017 – Crianças e adolescentes”, “Microdados TIC Kids Online Brasil – 2018 – Crianças e adolescentes” e “Microdados TIC Kids Online Brasil – 2019 – Crianças e adolescentes”. A instituição responsável é o NIC.br e o publicador é Cetic.br. A abrangência da pesquisa é de nível nacional (Brasil) e acontece uma vez ao ano (CETIC, 2017). O tipo de dado é o resultado de uma pesquisa por amostragem probabilística, tendo com unidade de análise crianças e adolescentes com idade entre 9 e 17 anos, residentes em domicílios particulares permanentes no Brasil. Como técnica de coleta, aderiu-se às entrevistas presenciais com o auxílio de computador (tablet) – CAPI/questionários eletrônicos autopreenchido (CASI). Os dados utilizados referem-se aos anos de 2016 a 2019 detalhando de forma quantitativa aspectos como: perfil de uso da internet, atividades na internet, habilidades para o uso de internet, tipos predominantes de dispositivos para acesso à internet e tipo de rede. Há 49 pastas dentro da planilha de Excel, com os mais variados campos e categorias. Para a análise dos dados optou-se pelo software PowerBI, da

Microsoft, em sua versão gratuita. Esta ferramenta permite a importação dos dados, limpeza e criação dos relacionamentos das tabelas, elaboração de diversos gráficos, tabelas e mapas interativos em tempo real, com uma simples usabilidade.

No que diz respeito a preparação dos dados, optou-se pela criação de um *dataset* apenas com os campos e colunas pertinentes a este trabalho, consistindo nos módulos: a) tipos de dispositivos por região; b) tipo de rede de acesso à internet por região; c) idade do primeiro acesso à internet por região e d) habilidades das crianças e adolescentes no uso da internet em comparação aos pais e/ou responsáveis por região.

Após a criação das tabelas e importação na ferramenta, foi editada as tabelas a fim de criar os relacionamentos entre elas para uma melhor análise. Originou-se uma tabela única que relaciona a tabela ANO, com as demais tabelas que possuíam a respectiva coluna. Replicou-se o mesmo processo à REGIAO, REDE e DISPOSITIVO. Após citado, houve a necessidade também de editar os separadores na tabela “IDADE DO PRIMEIRO ACESSO À INTERNET POR REGIÃO”, com a finalidade de criar categorias ordenadas por números para posteriormente gerar os gráficos (figuras), pois sem este procedimento os dados ficariam desordenados por categoria em ordem crescente. Os relacionamentos entre as tabelas podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Relacionamento entre as tabelas dentro do PowerBI



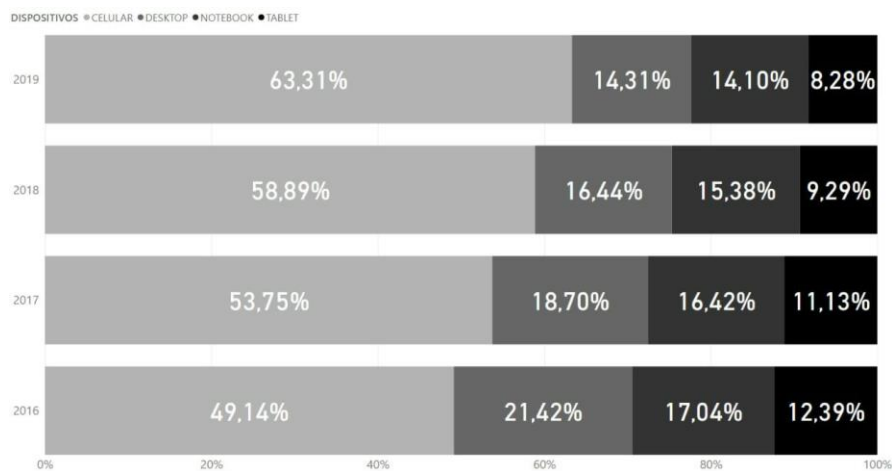
Fonte: Autoria própria

Por fim, após a normalização dos dados em suas respectivas tabelas, iniciou-se o processo de análise, gerando gráficos que permitem uma compreensão completa. Nesta pesquisa, o objetivo traçado era entender os montantes por ano e sua variação entre os quatro anos, dos tópicos a seguir.

Análise dos Dados – CETIC – 2016 A 2019

Através do uso das tabelas foi gerada a Figura 2 que nos permite enxergar a variância no período de um ano na quantidade de dispositivo mais utilizados para acesso à internet. Percebe-se que houve um crescimento de 4,61% no uso de *smartphones*, esse valor corresponde ao decréscimo das somas das outras três categorias que, observando a quantidade de dispositivos, representa 2.950.314.

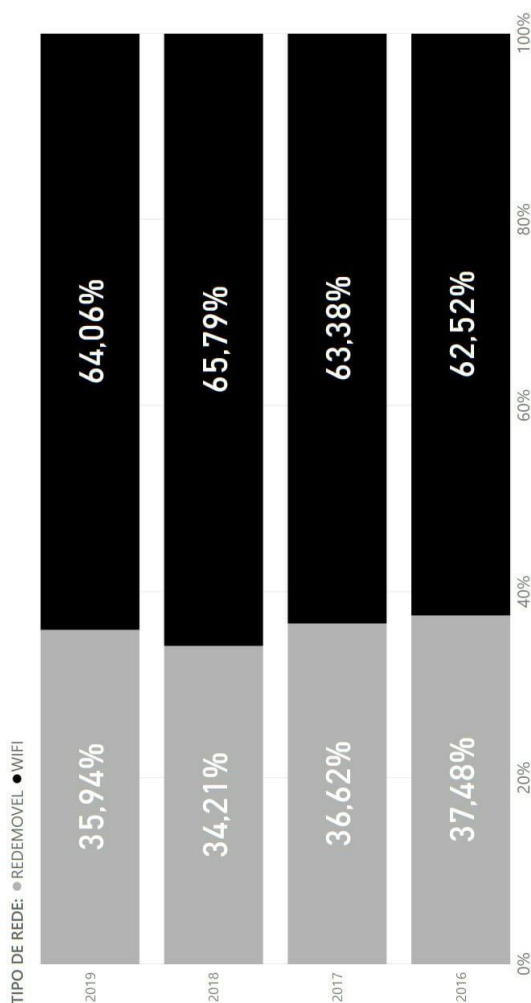
Figura 2 – Tipo de dispositivo predominante no acesso à internet



Fonte: Autoria própria.

A Figura 3 apresenta a mudança no que tange o tipo de rede mais utilizada no acesso à internet.

Figura 3 – tipo de rede para acesso à internet

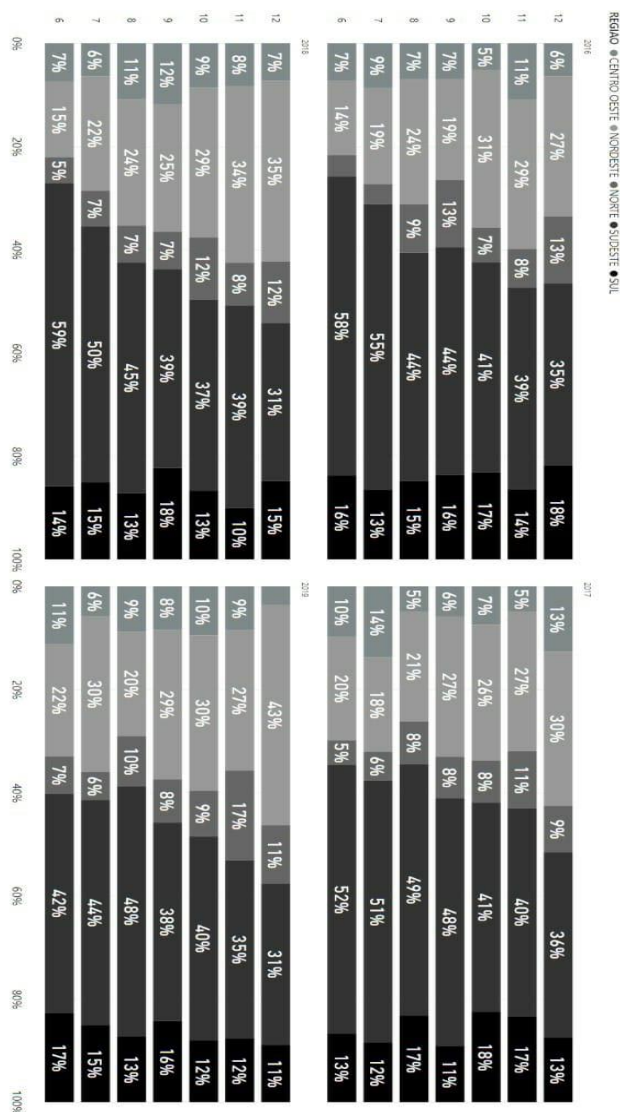


Fonte: Autoria própria.

Neste caso é possível notar uma leve alteração na quantidade de crianças e adolescentes para cada tipo de rede, pois a mudança corresponde a menos de 1%. Porém, essa variação está no acréscimo do uso de acesso à internet via *wifi* e, conseqüentemente, este decréscimo na rede móvel.

Na Figura 4 é possível visualizar a idade das crianças e adolescentes quanto ao primeiro acesso à internet, dividido por classificações de idade (6 a 12 anos).

Figura 4 – Idade das crianças e adolescentes no primeiro acesso à internet por região - 2016 a 2019



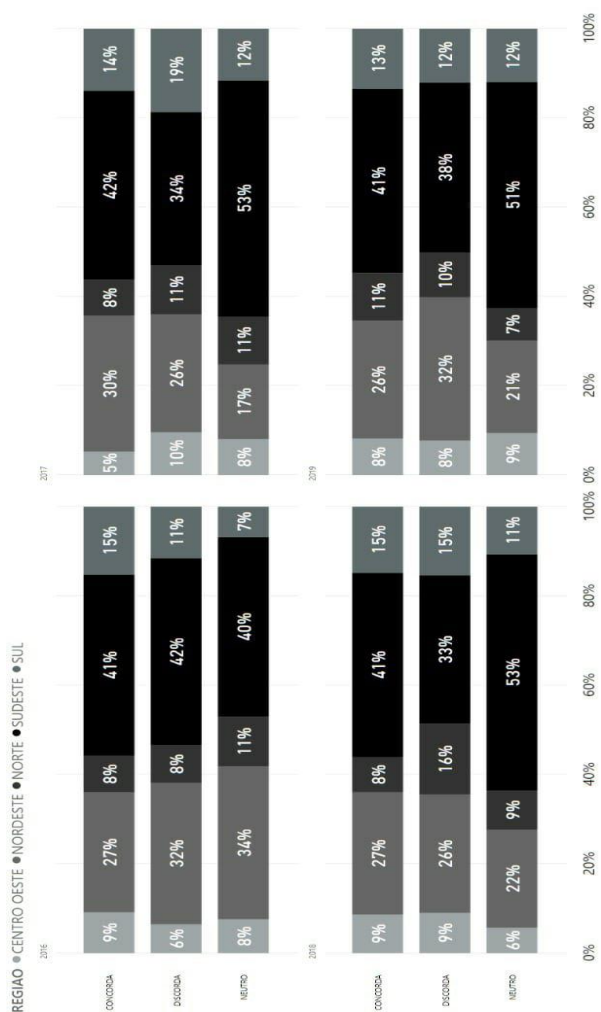
Fonte: Autoria própria

Comparando as quatro figuras, o que mais chama a atenção é que se considerarmos as amostras das crianças que tiveram o primeiro acesso aos 6 anos de idade, em quase todas as regiões do Brasil, exceto no Sul, houve

crescimento na quantidade, isso consequentemente nos diz que o acesso à internet está sendo mais precoce na vida das crianças.

Por fim, a Figura 5 faz uma comparação entre a habilidade das crianças e adolescentes em relação ao seus pais ou responsáveis no que diz respeito à navegação na internet. Este ponto foi avaliado pois pode retratar o quanto os pais ou responsáveis tem controle do que os filhos fazem no ambiente virtual.

Figura 5 – Comparação das habilidades no acesso à internet entre as crianças e adolescentes e seus pais ou responsáveis – ano 2016 a 2019



Fonte: Autoria própria

Percebe-se que as crianças e adolescentes superam os responsáveis no que se refere a habilidade no uso da internet. A pergunta utilizada para tal questionamento foi “Sabem mais sobre a internet do que seus pais?”. É notável que, em todas as regiões, a quantidade de crianças que alegam ter mais habilidade do que seus pais no acesso à internet é muito maior, em algumas regiões os valores podem representar quase o dobro.

Considerações finais

Com a utilização da ferramenta de análise e visualização de dados “PowerBI”, é possível compreender mais precisamente alguns pontos importantes no que se refere ao uso de internet pelas crianças e adolescentes no Brasil, separados por regiões e ano. Alguns pontos chamaram mais atenção pelo destaque quantitativo representado nas figuras, como o caso do crescimento no número de *smartphones* usados como meio de acesso à internet pelas crianças. Se pensarmos em crianças de 5 e 6 anos usando celular para acesso à internet e recordarmos as crianças com essa mesma idade há 10 anos, torna-se até estranho compreender como essas vivem a infância atualmente. Intriga ainda mais quando se observa as figuras que apontam que elas possuem conhecimento de que suas habilidades no acesso à internet superam os seus responsáveis, permitindo um leque gigante de possibilidades no meio digital, positivas ou negativas, que podem acontecer sem o conhecimento dos pais ou responsáveis.

E trazendo à educação, pode-se começar a perceber e traçar linhas com muito mais contraste diante do que foi proposto por Gabriel (2013), pois com o aumento do uso de *smartphones*, cada vez mais cedo, com acesso muito mais fácil à internet, é possível uma educação contínua, fragmentada, distribuída, personalizada, de forma que os estudantes tornem-se cada vez mais “cíbridos”. O ponto vultoso passa a ser o papel do educador, que deve se tornar “professor interface”, quebrar paradigmas, experimentando e propondo novas formas de aprender. E não esqueçamos da necessidade enorme de capacitar e subsidiar mais conhecimento acerca da tecnologia aos pais e responsáveis dessas crianças. Além de poderem ajudá-las no uso das TIC, é papel irrevogável destes manterem as crianças e adolescentes seguros, e para isso, devem ter pleno controle do uso destes recursos por eles.

Este trabalho não esgota essa linha de pesquisa, pois os dados são lançados anualmente e podem mudar de acordo com o cenário variável do país.

Referências

AROUCA, Fernando Augusto Bergamaschi. **Contribuição do sistema de aprendizagem e-learning para o treinamento empresarial: um caso na indústria de bens de consumo**. 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-12032007-173302/publico/FernandoABARouca.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

BRASIL. **LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996**: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996. Disponível em: http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 24 ago. 2021.

CETIC.BR, Nic.br. **TIC Educação**: Tabelas de proporções, totais e margens de erro amostral para download. 2017. Disponível em: <https://cetic.br/pesquisa/educacao/indicadores>. Acesso em: 25 ago. 2021.

CETIC.BR. **Saiba Mais Sobre o Cetic.br**. Disponível em: <https://cetic.br/pagina/saiba-mais-sobre-o-cetic/92>. Acesso em: 06 jun. 2021.

GABRIEL, Martha. **Educ@r: A (r)evolução digital na educação**. São Paulo: Saraiva, 2013.

MELL, Peter; GRANCE, Tim. **The NIST Definition of Cloud Computing**. 2011. Disponível em: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br). (2017). **Pesquisa sobre o uso da Internet por crianças e adolescentes no Brasil: TIC Kids Online Brasil, ano 2016**. Disponível em: <http://cetic.br/pt/arquivos/kidsonline/2016/criancas>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br). (2018). **Pesquisa sobre o uso da Internet por crianças e adolescentes no Brasil: TIC Kids Online Brasil, ano 2017**. Disponível em: <http://cetic.br/pt/arquivos/kidsonline/2017/criancas>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br). (2019). **Pesquisa sobre o uso da Internet por crianças e adolescentes no Brasil: TIC Kids Online Brasil, ano 2018**. Disponível em: <http://cetic.br/pt/arquivos/kidsonline/2018/criancas>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br). (2020). **Pesquisa sobre o uso da Internet por crianças e adolescentes no Brasil: TIC Kids Online Brasil, ano 2019**. Disponível em:

<http://cetic.br/pt/arquivos/kidsonline/2019/criancas>. Acesso em: 10 jun. 2021.

PEIXOTO, Reginaldo et al. **Educação escolar**: Uma necessidade a partir das mudanças nas relações de trabalho. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/729439-Educacao-escolar-uma-necessidade-a-partir-das-mudancas-nas-relacoes-de-trabalho.html>. Acesso em: 25 ago. 2021.

PILETTI, Nelson. **História da educação**. São Paulo: Ática, 1996.

RAUBER, Pedro. Por que a História da Educação em um curso de pós-graduação? In: **Metodologia do Ensino Superior**. Dourados: Unigran, 2008e, p. 17-28.

Um Modelo de Plataforma para Análise de Dados do Smart Campus da Universidade Estadual de Campinas

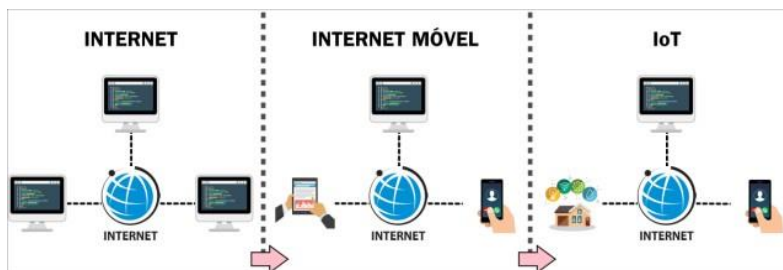
Agord de Matos P. Júnior²⁴

André Marcelo Panhan²⁵

1 Introdução

O frenético avanço tecnológico tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas que facilitam a análise dos dados gerados diariamente pela adoção de novos sistemas baseados em tecnologias de informação e comunicação (TICs). As TICs estão fundamentadas em duas frentes, a comunicação que fornece uma comodidade e facilidade para as pessoas, através do rádio, televisão, telefonia móvel, internet e outros. E a informação que tem sido o alicerce da geração de conhecimento, assim sendo considerada um dos mais importantes ativos estratégicos.

Figura 1. Evolução da Internet até o surgimento da IoT.



Fonte: Baseado em Perera (2013).

Portanto, é necessário aproveitar todas as oportunidades para ganhos de eficiência que a tecnologia proporciona e ter informações em tempo real é um deles. Tudo isso foi possível com a evolução da Internet até o surgimento da Internet das Coisas (IoT), como representado através da Figura 1.

²⁴ Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Bragança Paulista. E-mail: agord.junior@ifsp.edu.br.

²⁵ Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Bragança Paulista. E-mail: apanhan@ifsp.edu.br

A Internet das Coisas (IoT) permite o desenvolvimento de aplicações baseadas na automação, integração e inteligência computacional, através de conceitos importantes, como Big Data e Computação em Nuvem (Cloud Computing).

A IoT, Big Data e a Computação em Nuvem são domínios tecnológicos distintos com casos de uso sobrepostos. Cada tecnologia tem seus próprios méritos; no entanto, a combinação dos três cria uma sinergia e oportunidades, tornando possível alcançar resultados extraordinários.

A IoT é a principal entrada e fonte de dados para muitas soluções de Big Data e a computação em nuvem apresenta recursos de habilitação e capacitação, não apenas como uma plataforma de hospedagem, mas também fornecendo processamento avançado e análise de dados de maneira econômica, escalonável, confiável e ágil.

Dessa forma, este estudo fornece uma perspectiva entre os conceitos de IoT, Big Data e computação em nuvem através de um modelo de plataforma para análise de dados do Smart Campus da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

2 Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (IoT) está no epicentro da revolução da transformação digital, a qual está mudando a forma de negócios, de empresa e da maneira em que as pessoas têm usado o ambiente digital. Esse caráter inovador vem influenciando desde como as pessoas têm gerenciado e operado suas casas até processos de automação em quase todos os setores.

Devido as diversas possibilidades inovadoras que ela permite em vários setores, pode-se definir IoT como: “Uma rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que têm a capacidade de se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente” (MADAKAM, 2015). Ou seja, representa um novo paradigma de integração de tecnologia da informação e comunicação (TIC) associado com computação ubíqua (UbiComp), computação pervasiva e inteligência artificial.

2.1 Aplicações

As aplicações são as mais diversas, pois é ajustável a quase todas as tecnologias que sejam capazes de fornecer informações relevantes sobre as suas próprias métricas de funcionamento, sobre o seu desempenho ou sobre condições de riscos ambientais, que são monitorados e controlados à distância. Alguns exemplos de aplicações são apresentados a seguir (CHEN, 2014):

- Casa inteligente: auxilia no controle de uma residência, por exemplo, fornecendo suporte, controle de iluminação e de refrigeração;
- Agricultura: oferece a possibilidade de monitorar condições naturais, como umidade, temperatura do ar e qualidade do solo;
- Logística: frete e gerenciamento de frota por exemplo;
- Cidades Inteligentes: este item tem aplicações ilimitadas, tendo a oportunidade de obter, mensurar e controlar informação inerentes a urbanização. Abrangendo outras subáreas, como: gestão da qualidade do ar, gestão de tráfego, estacionamento inteligente, iluminação pública, segurança pública, entre outras.

2.2 Trade-Off em IoT

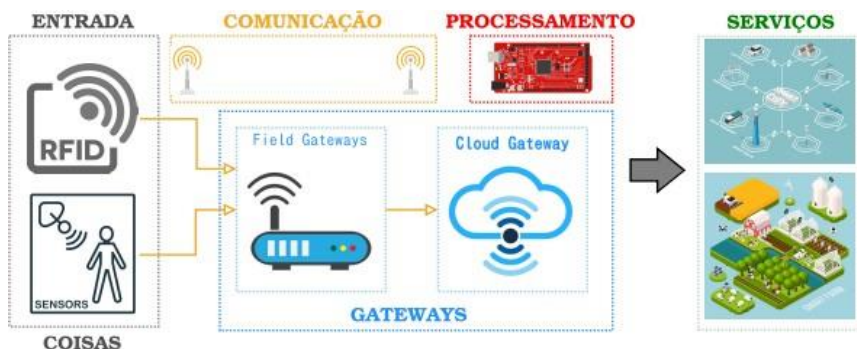
A popularização da IoT gera alguns desafios a serem superados a fim de satisfazer as previsões de mercado, como manter os custos baixos para dispositivos. Entretanto o principal desafio está relacionado à engenharia dos dispositivos, podendo elencar alguns como: baterias de longa duração, consumo, melhorias na velocidade e qualidade da conexão de redes sem fio, também quanto a interoperabilidade, segurança, privacidade, confiabilidade, escalabilidade e gerenciamento de dados, os quais detalha-se melhor abaixo:

- Interoperabilidade: divergentes protocolos e padrões (BRÖRING, 2017);
- Segurança: garantia que os dados não fiquem vulneráveis;
- Privacidade: a confidencialidade das informações geradas através da autenticação deve ser garantida;
- Confiabilidade: informações/dados e dispositivos quão confiáveis são (MOORE, 2020);
- Escalabilidade: capacidade de um sistema, rede, dispositivos ou processo lidar com um aumento da quantidade de trabalho – potencial para expansão (GUPTA, 2017);
- Gerência de Dados: gerados em grandes quantidades. Como efeito, uma boa gestão é necessária a fim de organizá-los em informações, o que configuram inteligência de mercado, inteligência operacional, e o conhecimento relevante para a tomada de decisão.

2.3 Funcionamento básico de uma aplicação IoT

As aplicações IoT podem ser vistas como a combinação de várias tecnologias, que são complementares no sentido de permitir a integração de objetos físicos do ambiente para o mundo virtual. A Figura 2, procura sintetizar os componentes básicos e suas relações, para o bom funcionamento de uma aplicação IoT.

Figura 2. Abstração dos componentes básicos e suas correlações para o perfeito funcionamento de uma aplicação IoT.



Fonte: os autores.

Com base na Figura 2, define-se da seguinte maneira:

- Entrada: tem a função de ligar objetos inanimados e os seres vivos. Podendo ser subdividida em:
 - ✓ Identificação: é um dos mais importantes blocos, essencial para identificar os objetos para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID e NFC podem ser utilizadas;
 - ✓ Sensores: coletam informações sobre o contexto em que os objetos estão localizados e, em seguida, armazenam e/ou transmitem os dados para os gateways;
 - ✓ Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com a leitura de dados (GARCÍA, 2017);
- Gateways: faz a intermediação entre os dispositivos de entrada e de armazenamento;
- Comunicação: são os protocolos. Ou seja, trata-se de várias técnicas utilizadas para efetuar o contato entre dispositivos.
- Processamento: inclui dispositivos como, microcontroladores,

processadores e os FPGAs, são responsáveis pela execução local dos algoritmos em objetos inteligentes;

- Serviços: oferecem diversas classes, destacam-se Smart Cities, Smart Home, como já mencionado.

É fato que, de carros à drones, de ruas a edifícios, a tendência é tudo estar conectado. Assim, a relação entre IoT, Big Data e Computação em Nuvem é uma relação bidirecional. À medida que milhões de dispositivos são conectados (IoT), a Internet das coisas vai desencadear um influxo maciço de dados (Big Data). A combinação de computação em nuvem e análise de dados (Big Data Analytics) traz enormes benefícios e aumenta a eficácia de ambas as tecnologias, que podem se fortalecer mutuamente. Pois, a Computação em Nuvem alinhada com o Big Data possibilita uma maior eficiência no desenvolvimento de plataformas dinâmicas, robustas e seguras para o armazenamento e análise dos dados. Resultando em economia de escala. Ao utilizar a infraestrutura em nuvem, um provedor de serviços pode fornecer serviços mais baratos, eficientes e confiáveis.

2.4 Big Data

É uma ferramenta de software para analisar, processar e interpretar uma enorme quantidade de dados, que contém uma grande variedade, chegando em volumes crescentes e com mais velocidade, que necessitam ter veracidade e gerar valor. A Figura 3 sintetiza essas características.

Figura 3. Características: O 5V's do big data.



Fonte: Baseado em Hwang (2017)

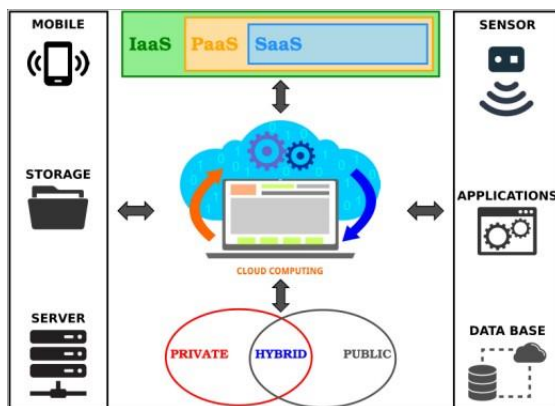
Na plataforma para análise de dados do Smart Campus da UNICAMP, foi proposta uma arquitetura baseada nas seguintes tecnologias de Big Data: Apache Kafka, Apache Flink e Bancos de dados NoSQL.

2.5 Computação em Nuvem

A computação em nuvem é um conceito que está se popularizando

cada vez mais. Porque, é um novo modelo de computação que permite ao usuário final acesso a uma grande quantidade de aplicações e serviços em qualquer lugar e independente de plataforma, basta ter um terminal conectado à nuvem. Este conceito pode ser melhor compreendido através da Figura 4.

Figura 4. Subjetividade – conceitualização de computação em nuvem.



Fonte: os autores.

Podendo ser definida como: “um modelo para permitir acesso ubíquo, conveniente e sob demanda via rede a um agrupamento compartilhado e configurável de recursos computacionais (HAAS, 2014)”. Pode-se citar por exemplo, redes, servidores, equipamentos de armazenamento, aplicações e serviços.

3 Smart Campus Unicamp

A Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) está sediada em Campinas-SP com subsede em Limeira-SP. Ambas são um multicampi, onde pela sede circulam diariamente em média 80.000 pessoas e 40.000 carros (SUGI- MOTO, 2014).

Dado que, iniciativas de cidades inteligentes surgiram para mitigar os efeitos negativos de um rápido crescimento das áreas urbanas. Um grande número de universidades está aplicando as soluções de cidades inteligentes para enfrentar desafios semelhantes em seus campi (TOUTOUH, 2018).

A Unicamp criou o projeto Smart Campus, em 2016. Atualmente, é uma célula de trabalho capitaneada pela área de informática da instituição, o que permite uma continuidade dos projetos iniciados e a criação de uma

área de referência para ações relacionadas a IoT na Universidade (UNICAMP, 2021). O projeto conta com diversas aplicações como: transporte inteligente (Circulino), fila dos restaurantes universitários, ao estacionamento inteligente, iluminação pública, coleta de resíduos, entre outras.

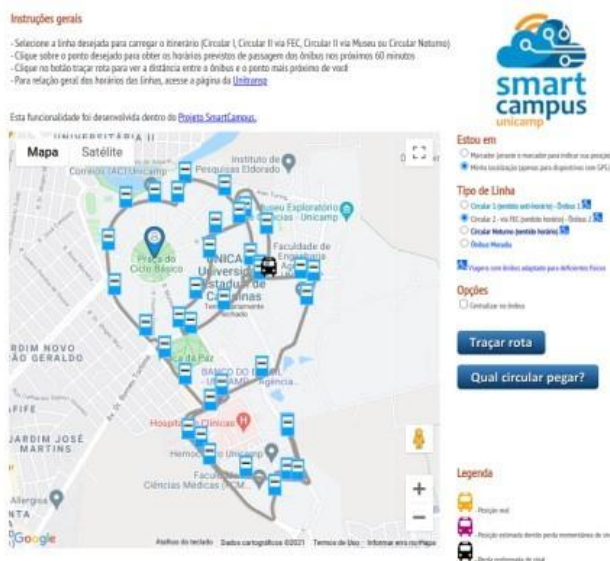
3.1 Projetos

Alguns projetos implementados na instituição serão abordados com mais detalhes nesta seção.

Circulino

São ônibus de circulação interna que contam com um dispositivo de sistema inteligente que através do uso de coordenadas GPS e sinal de telefonia enviam a localização do ônibus para um sistema online que poderá ser consultado por usuários do ônibus, como mostra a Figura 5.

Figura 5. Imagem em tempo real de um dos ônibus da instituição.



Fonte: Disponível em: prefeitura.unicamp.br/mapa-circulares. Acessado em: 20 jul. 2021.

Desta forma, a aplicação fornece informações em tempo real sobre veículos, tais como localização, chegadas, velocidade média, tempo de

viagem e assim por diante. Consequentemente, trazendo benefícios para os usuários e gestores (BARBOSA, 2018).

3.1.2 Restaurante Universitário (RU)

O RU é algo diferenciado, devido sua função social. O usuário não faz apenas a refeição e deixa o local. O mesmo senta, conversa, socializa, além de comer. Momentos de socialização como este geram longas filas. Assim, a solução visa, através de uma imagem capturada em tempo real, por meio de uma câmera instalada na rua, passar por uma transformação usando uma técnica de aprendizado de máquina (FERREIRA, 2019). Com a finalidade de fornecer uma estimativa da quantidade de pessoas na fila para acesso ao estabelecimento. Assim, o usuário pode ter uma estimativa e evitar a hora do rush, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Aplicação para estimativa de pessoas na fila.



Fonte: Disponível em:

https://tiberiusferreira.github.io/blog/posts/machine_learning_rust_simd_i/.

Acessado em: 20 jul. 2021.

3.1.3 Estacionamento Inteligente (SmartParking)

Esta aplicação tem a finalidade de verificar em tempo real a ocupação do estacionamento. Dessa forma, a solução recolhe indicadores de desempenho e os transforma em insights para uma melhor gestão. Inicialmente estabelecido no estacionamento do Instituto de Computação (IC), como mostra a Figura 7.

Figura 7. Estacionamento Inteligente.



Fonte: Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>. Acessado em: 20 jul. 2021.

Através do uso de aprendizado de máquina e de IoT, este projeto tem o objetivo de disponibilizar, em tempo real, a quantidade de lugares de estacionamento existentes. Para isso, uma câmera foi usada, que captura imagens do estacionamento e através de um algoritmo de aprendizagem de máquina, o número de espaços livres é identificado (BAG- GIO et al, 2020).

Todo o processamento é executado no dispositivo local que envia as informações através de uma rede única sobre a existência de vagas disponíveis. Por motivos de segurança de dados, essas imagens são processadas localmente e apenas os dados do número de vagas é enviada para a nuvem, que usa o Konker Laboratórios de plataforma (AOKI et al, 2020).

3.1.4 Iluminação Pública (SmartParking)

Serviços relacionados a iluminação pública são desafios extremamente complexos. A cidade de Campinas-SP, por exemplo, tem 112 mil pontos de luz em vias públicas. Gerir e identificar falhas numa vasta quantidade como está, sem uma boa estratégia, é caro e ineficiente.

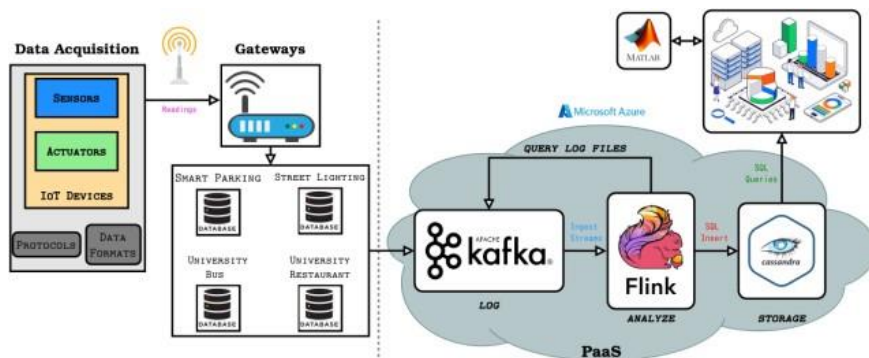
Este projeto é de vital importância no contexto do Smart Campus Unicamp, devido à criação de uma rede mesh (LUZ et al, 2020), para os nós instalados nos postes da instituição. O sistema é capaz de fornecer relatórios operacionais e fornecer dados em tempo real, e é possível operar sob demanda na rede, bem como com operação agendada (LUZ, 2017).

4 Plataforma de Análise de Dados Proposta

Em aplicações IoT tem-se como premissa a coleta de dados em tempo real, resultando em uma grande heterogeneidade, tanto de dispositivos como de tecnologias penduradas na rede para a transmissão dos dados. Dessa forma, ter dados de qualidade tornam-se essencial, para através de técnicas de análise, como aprendizado de máquina, mineração de dados, processamento de linguagem natural e estatísticas fornecer diagnósticos para as tomadas de decisões dos negócios.

Devido a heterogeneidade dos dados, tomou-se como condição que cada aplicação tenha sua base de dados independente. Deste modo, se propôs a arquitetura ilustrada através da Figura 8.

Figura 8. Protótipo da arquitetura idealizada para integração.



Fonte: os autores.

Com base na estrutura do Smart Campus Unicamp, delineou-se uma arquitetura que faz uso de frameworks de processamento de fluxo distribuído na camada de processamento de dados com a finalidade de processar em tempo real os dados fornecidos pelas aplicações do projeto.

4.1 Apache Kafka

A ideia é ser empregado após os bancos de dados individuais, o qual é uma plataforma open-source para realizar a transmissão de dados em um fluxo contínuo – enfileiramento (MA'ARIF, 2018) baseado em um log de confirmação distribuído. Indicado para aplicações de alto desempenho em tempo real.

Os bancos de dados enviam dados a partir de vários aplicativos para o cluster Kafka que, por sua vez, enfileira as mensagens recebidas. O cluster

é formado por diversos brokers (tópicos), que são compostos por outras diversas partições. As entradas (banco de dados individuais e/ou sensores) publicam seus registros em partições de um tópico. O cluster Kafka persiste de forma durável às mensagens recebidas, usando a política de retenção configurável que determina por quanto tempo elas ficam disponíveis para consumo. Cada partição mantém a sequência imutável e ordenada de mensagens. As partições são atribuídas e replicadas em vários brokers (SHARMA, 2021). Quando um broker cai e fica fora do ar por algum motivo, um reserva assume as atividades para manter a entrega com alta disponibilidade, sem perder nenhuma informação.

Na aplicação do circulino, por exemplo, um broker pode receber todas as mensagens emitidas pelo veículo (coordenadas – localização), haverá um armazenamento de estado “on-line” ou “off-line”. Este armazenamento será baseado em banco de dados orientado a chave-valor, em que a chave é o status do ônibus e o valor a rota dele de momento. Será feito um armazenamento de estado e rota de cada veículo, isso é conseguido através do id de cada ônibus.

4.2 Apache Flink

A arquitetura usa o apache Flink para processar e injetar no Apache CassandraDB o fluxo de dados que foi enfileira- do no Kafka.

O Kafka ao criar um broker determina a quantidade de partições. As partições são atribuídas ao Flink em instâncias de tarefas paralelas. Quando há mais tarefas Flink do que partições Kafka, alguns dos consumidores (nesta aplicação CassandraDB) ficarão inativos, sem ler nenhum dado. Quando houver mais partições Kafka do que tarefas do Flink, as instâncias do consumidor do Flink se inscreverão em várias partições ao mesmo tempo. Ou seja, o Flink atua como um sistema distribuído para processar esses dados.

O Apache Flink tem a capacidade única de realizar as seguintes particularidades:

- O kernel ou core do Flink é um streaming runtime que também tem a capacidade de processamento distribuído e tolerância a falhas;
- ✓ O Flink processa fluxos de dados na memória e, em paralelo, em um cluster de servidores;
- ✓ Processa eventos a uma velocidade elevada constante com baixa latência;
- Ordem correta do evento: há o conceito de “hora do evento”, que garante que os dados sejam processados em relação ao seu registro

temporal, mesmo que os eventos não cheguem em ordem;

- Regula as fontes de dados para evitar que sobre- carreguem ou causem falhas nos trabalhos.

Por essas características ele se torna viável nesta aplicação. Na aplicação da iluminação pública, por exemplo, se uma lâmpada falhar, após a verificação do banco de dados, se for constatado um novo evento, deve-se enviar uma instrução. Instrução está que pode ser, por exemplo, dimerizar as lâmpadas adjacentes, a fim de manter um padrão de iluminação. Ou, no caso dos ônibus, a aplicação combina os horários com o fluxo de eventos relacionados a localização para executar em tempo real cálculos a fim de fornecer a atual posição e se está no horário.

4.3 Apache CassandraDB

O CassandraDB serve para armazenar e consultar dados que foram processados e enriquecidos pelo Apache Flink. Devido ao grande fluxo e heterogeneidade se optou pelo Cassandra.

O CassandraDB é um sistema escalável (não funcional) (SARITHA, 2019) e de alta disponibilidade, sem comprometer o desempenho. Ele tem escalabilidade linear e comprovada tolerância a falhas quando integrados na nuvem (RE- DDY, 2017). É um banco de dados NoSQL escrito em Java. Ele é classificado como um híbrido entre a tabela e a chave-valor e tem a sua própria linguagem de consulta (CQL).

Uma outra vantagem é que devido ao fluxo e possíveis frequentes modificações, é plausível que novos campos (na forma de colunas) devam ser adicionados nas tabelas e este banco tem um desempenho excepcional em operações de escrita, assim suprimindo as necessidades da aplicação.

4.4 Vantagens na Aplicabilidade

Adotar uma arquitetura de processamento de dados capaz de lidar com dados produzidos continuamente em grande escala e permitir que os usuários reajam aos dados assim que eles são gerados não apenas reduz a complexidade operacional e os custos, mas também pode ajudar a superar complicações de conectividade por exemplo.

Isso se torna evidente ao usar dados produzidos em tempo real e em dispositivos que sofrem ação de conectividade/rede e tempo. Pois, nesses casos, ser capaz de lidar com dados fora de ordem ou atrasados com eficiência e dar sentido a essas informações, e fazê-lo em tempo real, é fundamental para o desenvolvimento de aplicações IoT modernas.

5 Conclusão

Este trabalho propôs conceitualmente uma plataforma para análise de dados do Smart Campus da UNICAMP, com a predição de escalabilidade e buscando a integração de vários serviços, dispositivos, tecnologias e padrões. A arquitetura demonstra-se ser exequível por diversos motivos, em que se pode elencar da seguinte forma:

Os frameworks são open source. O que resulta em uma importância significativa neste contexto, dada à redução de custos que permeia seu uso;

O Kafka na aplicação, objetiva habilitar o processamento em tempo real dos fluxos de dados, além de possuir interação com o Flink, podendo ser executado como um cluster em um ou mais servidores. Tal processamento produzirá os tópicos de dados a partir de fluxos contínuos de entrada. O Flink, por outro lado, é uma ótima opção para a aplicação, devido ser um sistema distribuído que traz benefícios relacionados ao processamento, taxa de transferência, latência, semântica de tempo e evento, pontos de salvamento e outros recursos.

O Cassandra por ser um banco NoSQL mostra-se uma alternativa viável, primeiramente por permitir dados não estruturados, como também serem escaláveis; este banco devido sua natureza escalável, faz com que aumentar ou diminuir sua capacidade torne-se uma tarefa simples. Opera utilizando uma técnica conhecida como data sharding, em que as partições são replicadas em múltiplos nós para prover alta disponibilidade e tolerância a falhas. Assim supõem-se factível para a aplicação, devido à variedade de aplicações e consequentemente dados. Dessa forma, a plataforma torna-se praticável e mostra-se plausível de sucesso.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem as seguintes agências financiadoras brasileiras: INEP, FINEP, FAPESP, CAPES e em especial ao CNPq. O primeiro autor é financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Não se pode deixar de reconhecer e agradecer a disponibilidade e atenção fornecida pela Unicamp, através da Prefeitura do Campus.

Referências

AOKI, V. K; GONZALEZ, Luís Fernando; BORIN, Juliana Freitag. Smart parking app-um aplicativo móvel para visualização de vagas em estacionamento inteligente. In: **Relatório Técnico-IC-PFG**. Campinas-SP:

[s. n.], 2020.

BAGGIO, João Victor; GONZALEZ, Luís Fernando; BORIN, Juliana Freitag. SmartParking A smart solution using Deep Learning. In: **Relatório Técnico - IC-PFG-20-10**. Campinas- SP: [s. n.], 2020.

BARBOSA, R. A. et al. Circulino: An IoT Solution Applied in the University Transport Service. In: **Brazilian Technology Symposium**. Springer, Cham, 2018. p. 503-514.

BRÖRING, Arne et al. Enabling IoT ecosystems through platform interoperability. **IEEE software**, v. 34, n. 1, p. 54-61, 2017.

CHEN, Shanzhi et al. A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 4, p. 349-359, 2014.

FERREIRA, Tibério. **Machine learning, rust and SIMD – I**. Campinas-SP. Disponível em: https://tiberiusferreira.github.io/blog/posts/machine_learning_rust_simd_i/. 2019. Acesso em: 22 jul. 2021.

GARCÍA, Cristian González et al. A review about Smart Objects, Sensors, and Actuators. **International Journal of Inter- active Multimedia & Artificial Intelligence**, v. 4, n. 3, 2017.

GUPTA, Anisha et al. Scalability in internet of things: features, techniques and research challenges. **Int. J. Comput. Intell. Res.**, v. 13, n. 7, p. 1617-1627, 2017.

HAAS, Christian. Incentives and two-sided matching-engineering coordination mechanisms for social clouds. **KIT Scientific Publishing**, 2014.

HWANG, Kai; CHEN, Min. **Big-data analytics for cloud, IoT and cognitive computing**. John Wiley & Sons, 2017.

LUZ, Paulo Denis Garcez. **Dispositivo de monitoramento da rede pública de iluminação, sistema de monitoramento e gerenciamento da rede pública de iluminação e método de comunicação sem fio**. Outubro, 2017.

LUZ, Paulo Denis Garcez; DONATT, Mauricio Martins; ASTINI, Lucas Amorim Salvador; MASSA, André Felipe Suzano; e GOMES, Sírius Roberto da Costa. Projeto de criação e implantação de uma rede de sensores infra estruturada do tipo mesh voltada a internet of things que inclui o controle de ativos de iluminação pública para campus inteligente e que possibilita alocação de rede por smart devices diversos. In: **Relatório Técnico**. Campinas-SP: [s. n.], 2020.

MA'ARIF, Muhammad Rifqi et al. The design of cost efficient health

monitoring system based on Internet of Things and Big Data. In: **2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)**. IEEE, 2018. p. 52-57.

MADAKAM, Somayya et al. Internet of Things (IoT): A literature review. **Journal of Computer and Communications**, v. 3, n. 05, p. 164, 2015.

MARTÍN, Andrés Armando Sánchez et al. Prospective integration between Environmental Intelligence (AMI), Data Analytics (DA), and Internet of Things (IoT). In: **2019 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)**. IEEE, 2019. p. 1-6.

MOORE, Samuel J. et al. IoT reliability: a review leading to 5 key research directions. **CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction**, p. 1-17, 2020.

PERERA, Charith et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. **IEEE communications surveys & tutorials**, v. 16, n. 1, p. 414-454, 2013.

REDDY, Skylab; RAJ, Pethuru. Hosting and Delivering Cassandra NoSQL Database via Cloud Environments. In: **NoSQL: Database for Storage and Retrieval of Data in Cloud**. Chapman and Hall/CRC, 2017. p. 415-434.

SARITHA, K.; ABRAHAM, Sajimon. Big Data Challenges and Issues: Review on Analytic Techniques. **Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE)**, v. 8. 2019.

SHARMA, Garima; TRIPATHI, Vikas; SRIVASTAVA, Awadhesh. Recent Trends in Big Data Ingestion Tools: A Study. In: **Research in Intelligent and Computing in Engineering**. Springer, Singapore, 2021. p. 873-881.

SMART Campus Unicamp: Saiba Mais. In: **Smart Campus Unicamp: Saiba Mais**. Campinas-SP. Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SUGIMOTO, Luiz. Por um Campus Tranquilo: Conheça os detalhes das ações em andamento e futuras. **Jornal da Unicamp**, Campinas-SP, p. 1-8, 7 nov. 2014.

TOUTOUH, Jamal; LUQUE, Javier; ALBA, Enrique. Smart Campus Human Tracking: The Case of University of Málaga. In: **Ibero-American Congress of Smart Cities**. Springer, Cham, 2018. p. 18-28.

A Inteligência Artificial Aplicada na Interação Humano Computador: um Estudo Aplicado ao Desenvolvimento de um Chatbot para o IFSP Campus Votuporanga

Joaquim Kayo L. Camargo²⁶

Cecílio M. Rodas²⁷

1 Introdução

Um dos principais diferenciais para uma organização, que define até mesmo sua sobrevivência, está no atendimento ao cliente. Segundo Chiavenato (2007), o cliente é extremamente necessário para a empresa manter-se ativa em seu campo de atuação e uma das ações de maior importância para uma organização é o atendimento ao cliente.

Devido à pandemia do novo coronavírus, muitas corporações viram-se prejudicadas no que diz respeito ao atendimento, pois o que todos estavam habituados a fazer presencialmente, passou a ser feito de maneira remota. Segundo dados do Sebrae, em maio de 2020, 31% das empresas mudaram o funcionamento e precisaram adaptar-se para manterem-se ativas, realizando agora atendimentos *online*. A demanda para atendimentos virtuais passou a crescer e muitos não estavam preparados para isso, com poucos funcionários e muitos clientes para atender (SEBRAE, 2020).

Uma alternativa que já era utilizada, porém não por muitas companhias, e que vem ganhando força devido à sua escalabilidade e custo consideravelmente menor quando comparado com manter pessoas para fazer esse tipo de serviço, é a utilização de *chatbots* para o atendimento remoto. *Chatbots* são considerados sistemas computacionais que simulam o comportamento humano em conversas, capazes de analisar, interpretar, responder perguntas, podendo ser utilizados na interação humano-computador (SGANDERLA et al., 2003). Segundo Shimabukuro (2020), o uso de assistentes virtuais no Brasil cresceu 47% durante a pandemia.

Observando esse contexto, no qual foi necessário deixar o presencial e priorizar o atendimento *online*, foi proposto o desenvolvimento

²⁶ Instituto Federal de São Paulo – Campus Votuporanga. *E-mail*: j.kayo@aluno.ifsp.edu.br

²⁷ Instituto Federal de São Paulo – Campus Votuporanga. *E-mail*: cecilio.rodas@ifsp.edu.br

de um estudo para a implantação de um agente conversacional automatizado no Campus do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia - Campus Votuporanga. Dessa maneira, a mediação do contato entre o campus e os docentes, discentes ou a comunidade externa seria facilitada através de um *chatbot* que estaria pronto a atender em qualquer hora do dia nas redes sociais ou no *site* da instituição. Para seu desenvolvimento será utilizada ferramenta com apoio da Inteligência Artificial (IA), que segundo Rich (1988) é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas feitas por humanos.

Podemos dizer que a IA é uma ciência multidisciplinar e que se enquadra na área da Ciência da Computação, uma vez que a máquina escolhida para colocar a inteligência foi o computador (FRANCO, 2014). O termo inteligência dá-se pelas características que estão associadas à inteligência do comportamento humano, como compreender uma linguagem, aprender, resolver problemas, raciocinar, tomar decisões, entre outras (FERNANDES, 2008). Também será utilizado para o desenvolvimento do estudo o Processamento de Linguagem Natural (PLN), para que seja possível que o agente leia textos, interprete, identifique sentimentos e determine quais trechos são importantes para trabalhar com as intenções de cada usuário e, além disso, será utilizado Aprendizado de Máquina ou *Machine Learning* (ML), que seria um dos ramos da IA. Sua utilização dar-se-á para que, com o tempo, o agente tenha a capacidade de aprender de maneira supervisionada, ou seja, ele aprenderá com computações anteriores para produzir decisões e resultados confiáveis, passíveis de repetição (SAS, [201-?]).

Em vista disso, o *chatbot* poderá responder às principais dúvidas e auxiliar em atividades que frequentemente são realizadas através das plataformas *online* do Campus.

2 Objetivos

O objetivo geral e os objetivos específicos propostos no desenvolvimento do projeto são os seguintes:

2.1 Objetivo Geral

A partir dos conceitos de *Machine Learning* e PLN, pretende-se desenvolver, para fins de aplicação dos estudos propostos, um *chatbot* que possa ser utilizado pelo IFSP - Campus Votuporanga em suas redes sociais, mediando o contato com docentes, discentes ou com a comunidade externa: seja no setor administrativo, respondendo às possíveis perguntas sobre

abertura de vagas, disponibilidade dos auxílios estudantis e afins; ou na biblioteca do campus, realizando consultas sobre disponibilidade de livros, horário de funcionamento, lista de serviços oferecidos e outras possíveis dúvidas.

O sistema consistirá em um *chatbot* capaz de responder as questões pré-definidas referentes ao ambiente em que está inserido. O algoritmo permitirá a implementação de novas respostas à base de informações que podem ser consultadas pelo usuário posteriormente. O idioma utilizado na comunicação entre usuário e a plataforma será o português. Com o desenvolvimento do *chatbot* pretende-se efetivamente mostrar a relevância das tecnologias que serão estudadas por meio de sua implementação.

2.2 Objetivos Específicos

Para a consecução deste Projeto de Pesquisa propõem-se as atividades descritas a seguir, referentes à capacitação em áreas de conhecimento relacionadas ao tema do Projeto:

- Desenvolver estudos de *Machine Learning* e Inteligência Artificial;
- Estudo sobre o processamento de linguagem natural;
- Estudo sobre *chatbots*;
- Estudo da plataforma Dialogflow;
- Desenvolver um *chatbot* que seja capaz de interagir com os usuários, realizar a análise de emoção dos mesmos e construir respostas baseadas em suas aprendizagens passadas.

3 Métodos

Neste tópico, apresentam-se os materiais a serem utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Os materiais são listados a seguir e a metodologia é descrita nos itens seguintes. Para a criação do *chatbot*, será utilizada a seguinte ferramenta *Dialogflow*.

A descrição dos materiais previamente previstos para a construção do *chatbot* pode ser observada a seguir:

- *Dialogflow*: é uma plataforma para comunicação orientada por diálogo e processamento de linguagem natural. Ele oferece um conjunto de desenvolvimento completo, com um editor de código, uma biblioteca e várias ferramentas que podem ser usadas para criar aplicativos para o Assistente do Google ou *chatbots*. As soluções podem ser implantadas em diferentes dispositivos e sistemas operacionais. Possui fácil integração com *websites* e plataformas de troca de mensagens. Em sua versão gratuita há

um limite de 180 mensagens por minuto, suficiente para o ambiente ao qual o *chatbot* será inserido (GOOGLE CLOUD, 2021).

– *IBM Watson Natural Language Understanding (NLU)*: é um recurso de reconhecimento de linguagem natural disponibilizado pela IBM, que permite fazer uma análise de textos para extrair metadados de conteúdos como conceitos, entidades, palavras-chave, categorias, sentimentos, emoções, relacionamentos e funções semânticas. Em sua versão gratuita são disponibilizados até 30.000 itens NLU por mês (IBM CLOUD, 2021). Será utilizada para analisar o sentimento das frases e, dessa maneira, entender como o *chatbot* está interagindo e como está a sua aceitação.

– *Node JS*: é uma plataforma que permite escrever aplicações em *JavaScript* no lado do servidor. Através dela, serão criadas as funções para integrar o *chatbot* com serviços externos, como banco de dados, e para realizar requisições com frases digitadas pelo usuário.

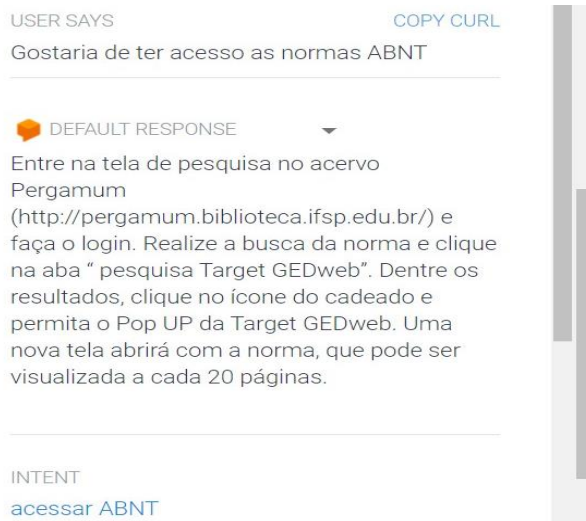
– *PostgreSQL*: é um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados), o qual nos permitirá criar um banco de dados para armazenar as análises de sentimentos que serão retornadas pelo serviço de NLU da IBM.

A metodologia utilizada é de cunho teórico, prático, exploratório. Almeja-se explorar as possibilidades que envolvem nosso problema científico, para assim reunir conteúdos teóricos capazes de identificar os rumos em relação às metodologias, técnicas e práticas a partir do *Machine Learning* e do Processamento de Linguagem Natural.

4 Resultados

Dentro da plataforma *Dialogflow* foi criada uma intenção para auxiliar em uma possível dúvida relacionada ao acesso das normas ABNT. Algumas frases foram inseridas para simular um usuário com dúvidas em acessar as normas ABNT, como por exemplo: “Gostaria de ter acesso as normas ABNT”. Em seguida, foi informada a frase de resposta do *chatbot* caso seja reconhecida a intenção em questão. O agente reconheceu a intenção de “Acessar ABNT” e respondeu com a mensagem predefinida, conforme a Figura 1 representa.

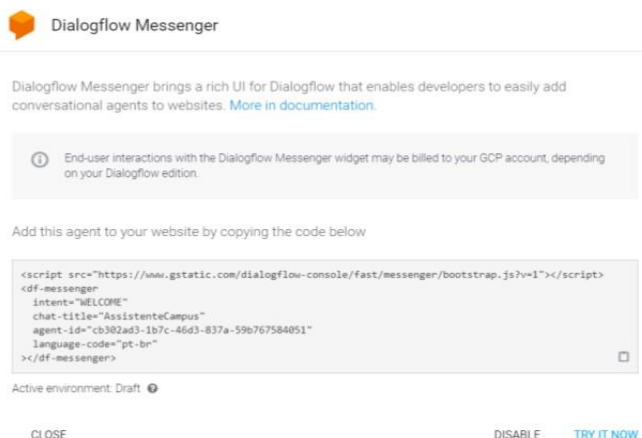
Figura 1. Testando o reconhecimento de intenção do *chatbot* com uma frase



Fonte: os autores.

Para integrar o agente em um *site*, foram realizados testes utilizando um *site* desenvolvido e hospedado no Heroku (uma plataforma em nuvem como um serviço que suporta várias linguagens de programação). Para isso é necessário habilitar a função “*Dialogflow Messenger*” dentro da plataforma, e um código HTML é gerado, conforme ilustra a figura 2. O código gerado foi copiado em nossa página HTML e realizado o *deploy*.

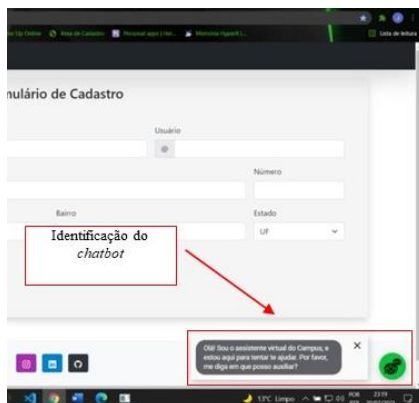
Figura 2. Código HTML gerado ao habilitar a função “*Dialogflow Messenger*” na aba *Integrations*.



Fonte: os autores.

Ao carregar a página web em que o agente foi implementado, o processo é iniciado com uma mensagem de saudação e identificação do *chatbot*, conforme é ilustrado na Figura 3.

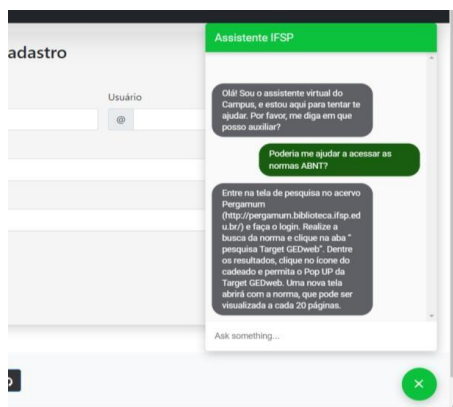
Figura 3. Página hospedada no Heroku com a integração do *chatbot*



Fonte: os autores.

Após clicar no balão de conversa no canto inferior direito da página, é possível interagir com o agente, como retrata a Figura 4.

Figura 4. *Chatbot* interagindo na página configurada na web



Fonte: os autores.

5 Discussões

Diante dos resultados obtidos, a utilização de um *chatbot* para a mediação entre discentes, docentes, comunidade externa e o campus seria

algo muito viável, pois, como foi apresentado, o agente apresenta uma fácil integração com *sites* e outras plataformas. Através da automatização do atendimento, muitas pessoas podem ser atendidas ao mesmo tempo e grande parte das dúvidas podem ser sanadas com o próprio *chatbot*. O método escolhido para o desenvolvimento do agente, mostrou-se muito eficaz e produtivo, pois a plataforma *Dialogflow* já possui diversas funções predefinidas, tais como treinamento de frases, criação de intenções, entre outras. Isso é algo que, se fosse feito sem uma plataforma especializada, utilizaria muito mais tempo, sem a mesma eficácia que esses sistemas possuem e que já estão há anos no mercado. Na parte de interação com o *chatbot* dentro de uma página, o design é bem simples, porém completo e de boa aparência, possuindo fácil estilização e com implementação simples, bastando gerar o código HTML e inseri-lo na página.

6 Conclusão

O estudo mostrou que o sistema pode melhorar a comunicação entre a comunidade do campus. O agente apresentou um bom desempenho nos testes e pontos importantes devem ser ressaltados como o reconhecimento de intenções, interface amigável, facilidade de integração com outros sistemas, utilização de conceitos importantes, como Inteligência Artificial e Processamento de Linguagem Natural. O próximo passo será implementá-lo no ambiente virtual do campus: redes sociais e o próprio site da universidade, para que, conforme o *chatbot* tenha contato com a comunidade e suas eventuais dúvidas, aumente sua base de reconhecimento, auxiliando cada vez mais a corporação no sentido em que foi proposto.

Referências

CHIAVENATO, Idalberto. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor**. São Paulo: Saraiva, 2007.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. **Inteligência Artificial: noções gerais**. Florianópolis: UFSC, 2008.

FRANCO, Cristiano Roberto; **Inteligência Artificial**. Londrina: Educacional S.A, 2014.

GOOGLE CLOUD. **Cotas e limites Dialogflow**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://cloud.google.com/dialogflow/quotas?hl=pt>. Acesso em: 26 jun. 2021.

IBM CLOUD. **Watson Natural Language Understanding: Precificação**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/watson-natural-language-understanding/pricing>. Acesso em: 26 jun. 2021.

RICH, Elaine. **Inteligência Artificial**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

SAS. **Machine Learning: O que é e qual sua importância?** [201-?]. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/machine-learning.html. Acesso em 01 de out. 2019.

Sebrae (org.). **O impacto da pandemia de coronavírus nos pequenos negócios**. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-impacto-da-pandemia-de-coronavirus-nos-pequenos-negocios,192da538c1be1710VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 26 jun. 2021.

SGANDERLA, R. B.; FERRARI, D. N.; GEYER, C. F. R. Bonobot: Um chatterbot para interação com usuários em um sistema tutor inteligente. **XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 2003.

SHIMABUKURO, Igor. **Uso de assistentes virtuais no Brasil cresce 47% durante a pandemia**. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/10/14/noticias/uso-de-assistentes-virtuais-no-brasil-cresce-47-durante-a-pandemia/>. Acesso em: 04 maio 2021.

Interface de Negociação de Recursos entre Função Inovação Radical e Demais Funções da Empresa

João Vitor N. Leal²⁸

Mário Sérgio Salerno²⁹

1 Introdução

Inovar sistematicamente, em algum grau, é uma necessidade para empresas que buscam manter uma posição de desempenho superior em seus mercados. Para gerar e/ou capturar valor com maior frequência e intensidade, firmas que buscam competir por diferenciação têm de conviver com a difícil tarefa de estar constantemente inovando em termos de produtos/serviços para manter seu posicionamento à frente de seus concorrentes, que por sua vez, a seguem a cada novo ciclo. Portanto, para manter esse posicionamento de forma sustentável, inovações não podem ocorrer como fruto do acaso. Essa é uma tarefa complexa e que demanda um projeto organizacional que facilite/induz a o desenvolvimento de tais inovações, em especial, as consideradas mais radicais.

Segundo O'Connor et al. (2018), inovações radicais implicam em uma grande disrupção, permitindo o acesso da empresa a tecnologias ou plataformas de negócios que possibilitam a oferta de produtos com propostas de valor totalmente novas. Tais inovações surgem com raríssima frequência, e quando ocorrem, mudam completamente as “regras do jogo” dos mercados nos quais são inseridas. Do outro lado do espectro, em uma intensidade mais branda, podemos localizar as inovações incrementais, que tratam de melhorias pontuais em produtos/serviços e que, apesar de importantíssimas, não implicam em nenhuma grande descontinuidade nos negócios. Nesse caso, as inovações são associadas a menores prazos de desenvolvimento e os processos organizacionais que as gerenciam, mais lineares e rígidos, buscam reduzir riscos, não lidar com incertezas, como as que envolvem os projetos de inovação radical.

²⁸ Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) / Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC). *E-mails:* joao.leal@ifsc.edu.br

²⁹ Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). *E-mail:* msalerno@usp.br

Em seu estudo sobre tipologia de inovações, Garcia e Calantone (2002) identificaram uma lacuna de denominação para níveis de inovação que, se por um lado, são mais significativas do que as incrementais, por outro, não apresentam o mesmo nível de impacto das inovações tipicamente radicais. Em seu trabalho, definiram tais inovações como “realmente novas”. Nesse artigo, utilizaremos a taxonomia proposta por Salerno e Gomes (2018), que denomina de “inovações mais radicais” o grupo de inovações que englobam tanto as inovações estritamente radicais quanto as inovações que não têm o mesmo grau de magnitude das radicais, mas que são bem mais impactantes que as incrementais. Mais do que meramente taxonômico, o agrupamento entre esses tipos de inovação tem caráter analítico fundamental, pois os projetos de ambas são envolvidos em incertezas, demandando um tratamento similarmente especial em relação à sua gestão.

Ao considerarmos a presença de altos níveis de incertezas como característica central de projetos de inovação mais radical, é importante se analisar os reflexos que tal característica impõe à gestão desses projetos. Incertezas implicam numa impossibilidade de planejar, desde o início do projeto, quais tarefas e recursos serão necessários para sua execução. A execução de boa parte desses projetos, nesse sentido, tem um caráter de aprendizado, buscando identificar, mitigar e lidar com a manifestação das incertezas. O planejamento ocorre uma etapa por vez, de acordo com o que foi aprendido com a etapa anterior (RICE et al., 2008). Esse momento de aprendizado ao final de cada ciclo, que pode reformular boa parte das expectativas sobre o projeto, é um evento que demanda um novo curso de ação coletivo, disparando novas tarefas e necessidades de recursos para a organização e demais parceiros. Ao se olhar internamente a organização, tais pedidos são imprevisíveis e ocorrem de forma *ad hoc*, demandando que outras funções da companhia emprestem parte de seus próprios recursos para o desenvolvimento dos projetos de inovação mais radical.

2 Objetivo

O presente artigo busca identificar e articular referenciais teóricos que colaboram no entendimento de como os indivíduos envolvidos com projetos de inovação mais radical (nos diversos departamentos da empresa), em interação com o desenho organizacional, podem se mobilizar para obter/ceder os recursos necessários para tais projetos a partir das diferentes funções organizacionais às quais pertencem. Em específico, analisamos a emergência de uma “função inovação radical” (O’CONNOR e DEMARTINO, 2006; O’CONNOR et al., 2008) e suas características peculiares enquanto “função-rede”, como Salerno e Gomes (2018) propõem. A caracterização da função inovação nesse formato é nova e pressupõe que

a mesma não disponha de todos os recursos necessários para desempenhar com sucesso seu mandato, demandando que ela negocie e obtenha recursos internamente, de outras funções, ou externamente, com parceiros. No caso, a contribuição desse artigo é se aprofundar, do ponto de vista teórico, na análise da dinâmica envolvida na negociação intraorganizacional de recursos entre a função de inovação radical e demais funções da empresa.

3 Método e Discussão Teórica

O método utilizado nesse artigo é o de revisão bibliográfica integrativa. Dessa forma, busca-se articular os principais elementos do problema em análise (seção 3.1) e propor uma teoria capaz de ser utilizada para investigá-la (seção 3.2).

3.1 Projeto Organizacional para apoiar a Gestão da Inovação Mais Radical: Alternativa da Função Inovação enquanto “função-rede”.

3.1.1 Risco vs Incerteza e comparação entre parâmetros de gestão da inovação incremental e mais radical

Um conceito fundante para compreendermos as diferenças entre inovação mais radical e inovação incremental é a diferenciação entre risco e incerteza. A partir dessa compreensão, deduzimos a necessidade de abordar projetos desses tipos de inovação com ferramentas particulares a cada uma. A perspectiva que utilizamos é a de Knight (1921), para o autor os riscos se relacionam a eventos futuros aos quais se podem associar probabilidades passíveis de serem estimadas. Já incertezas tratam de ~~eventos~~ cujas probabilidades não podem ser determinadas por algum tipo de limitação, seja essa informacional, cognitiva ou da natureza imponderável de previsibilidade de certas variáveis ou acontecimentos. Ao lidar com incertezas, somos inábeis para reconhecer as variáveis relevantes e as relações funcionais entre elas, impossibilitando-nos de planejar ações com antecedência (SOMMER e LOCH, 2004).

Quando tratamos de inovação incremental, estamos falando de projetos que apresentam similaridade a produtos já existentes, fazendo com que seja possível estimar cenários futuros e gerenciar riscos através de análises financeiras que busquem a melhor relação entre risco x retorno (por exemplo, cenários de Valor Presente Líquido). Tais projetos ocorrem em grande volume nas companhias, têm, em média, duração mais curta, e são focados em expansão de linhas de produto com orientação ao desempenho de curto / médio prazo (O’CONNOR et al., 2008; SALERNO e GOMES, 2018).

Projetos de inovação mais radical, por sua vez, apresentam lógica completamente diferente, sendo focados no desenvolvimento de novas plataformas que podem se tornar a principal fonte de lucro das organizações no longo prazo. As características do ciclo de vida desses projetos são associadas à presença de incertezas. Tipicamente, projetos de inovação radical apresentam longaduração média e uma série de descontinuidades, sendo marcados por paradas em busca de soluções para impasses tecnológicos ou de mercado, assim como sofrem impactos de acordo com as mudanças na cúpula da empresa, pela percepção do restante da companhia sobre o projeto e pela escassez de financiamento que eventualmente pode assolar a iniciativa (LEIFER et al., 2000). Não sendo possível prever de antemão os possíveis cenários de um projeto dessa natureza, resta ao gerente do projeto utilizar técnicas baseadas em selecionismo (perseguir paralelamente diferentes rotas) e/ou aprendizado por tentativa e erro a cada etapa (SOMMER e LOCH, 2004).

3.1.2 A proposta de ambidestria estrutural

Os parâmetros para gerir projetos de inovação incremental e mais radical são claramente distintos. Enquanto um busca alinhamento ao negócio em curso e explora o conhecimento já maduro na empresa, o outro busca adaptação a condições futuras e explora novos aprendizados (MARCH, 1991). Empresas que conseguem lidar simultaneamente com tais objetivos, a princípio conflitantes e que apresentam *trade-offs*, são consideradas ambidestras. Para Gibson e Birkinshaw (2004), tal ambidestria pode ser alcançada de forma contextual, emergindo a partir da liderança e da criação de um ambiente em que os indivíduos façam seu próprio julgamento a respeito de dividir seu tempo e esforço entre atividades de alinhamento e adaptação. Outra corrente de pensamento advoga que a ambidestria organizacional deva ser alcançada através da criação de estruturas duais (DUNCAN, 1976), que busquem de forma simultânea, mas separadas, o alcance de objetivos em conflito. Aplicando essa visão dentro do contexto de inovação incremental e mais radical, Tushman e O'Reilly (1996) e O'Reilly e Tushman (2004) apontam em suas pesquisas que organizações que buscaram apartar as estruturas que gerenciam inovações mais radicais em relação às estruturas existentes da companhia têm mais êxito nesses projetos.

Uma alternativa de arquitetura organizacional que reforça o argumento da necessidade de ambidestria estrutural é o tratamento de todos os tipos de inovação via um mesmo processo organizacional de desenvolvimento de novos produtos. Modelos de processos dessa natureza são abundantes tanto na literatura, como por exemplo, o de stage-gates,

proposto por Cooper (1990), e o do funil, proposto por Wheelwright e Clark (1992), quanto na prática organizacional. Tais processos, porém, foram concebidos para tratar grandes volumes de projetos, buscando otimizar a alocação de recursos da firma de acordo com uma análise financeira de risco e retorno sob parâmetros pré-determinados. Ao aplicar a mesma lógica à inovação mais radical, dada as incertezas em que seus projetos são envolvidos e na consequente dificuldade em estimar seus parâmetros, os processos organizacionais padrão de desenvolvimento de produtos acabam tolhendo projetos de inovação mais radical em seus estágios iniciais, acarretando uma redução na oxigenação do portfólio das firmas no longo prazo e deixando-as expostas à concorrência de produtos substitutos. Em suma, quando tratados sob o mesmo processo que trabalha projetos de inovação incremental, projetos de inovação mais radical são relegados a segundo plano dentro do portfólio.

3.1.3 Alternativas de arquitetura organizacional para dar suporte à gestão da inovação mais radical

Em busca de novas alternativas de arquitetura organizacional para dar suporte à gestão da inovação mais radical e tendo em vista o preceito da ambidestria estrutural, seria natural pensarmos em um processo organizacional específico para tratar projetos dessa natureza. Ocorre, porém, que projetos de inovação mais radical surgem, relativamente ao portfólio de projetos da empresa, em pequena quantidade. Além disso, como são envolvidos em incertezas, cada projeto possui seu próprio caminho, dificultando a utilização de um processo que, por definição, deveria seguir um padrão mínimo a cada repetição. Projetos de inovação mais radical são exceções, em termos de existência e lógica de execução, não podendo, portanto, serem tratados via processo organizacional.

Uma segunda alternativa seria a utilização de times de projetos dedicados, operando fora da hierarquia da empresa, com o objetivo de desenvolver um projeto específico por vez, como o observado por O'Reilly e Tushman (2004). Apesar de atender, em alguma medida, a condição de ambidestria, tais equipes carecem de reconhecimento formal dentro da empresa, têm a necessidade de contar com um *champion* (executivo que não apenas suporta o projeto, mas se envolve pessoalmente e disponibiliza sua rede de contatos para obter os recursos necessários ao projeto, formal e informalmente) e não são a estrutura ideal para reter conhecimento, uma vez que a equipe é desmobilizada ao final do projeto ou durante uma das típicas paradas devidas a incertezas não mitigadas. Além disso, os membros do projeto são colaboradores que pertencem a departamentos da empresa, sendo cedidos por tempo limitado, o que contraria a lógica dos largos

espaços de tempo necessários para o desenvolvimento de um projeto dessa natureza. Como apontado por O'Reilly e Tushman (2004) em sua pesquisa, tal estrutura não demonstra, na média, bom desempenho em entregar projetos de inovação mais radical de forma exitosa.

Como terceira alternativa, pode-se considerar o modelo de venture capital, como discutido por Leifer et al. (2000) ou, similarmente, o de *safe haven*, como proposto por Hansen e Birkinshaw (2007). Em tais modelos, uma estrutura altamente separada da organização original é criada, no formato de uma incubadora. Os projetos de inovação mais radical são tratados como empresas nascentes e incubados nessas estruturas. Quando demonstram capacidade de evolução, passam a ser tratados como empresas separadas, ou seja, *spin-offs* da empresa original. Tal modelo continua sendo bastante utilizado, mas apresenta a desvantagem de diminuir a possibilidade de sinergias com a “empresa mãe”, em termos de aproveitamento de recursos e conhecimento (O'REILLEY e TUSHMAN, 2004). Além disso, os recursos aplicados nos projetos por via da estrutura de venture capital podem ser desmobilizados sem grande dificuldade, levando a perda de experiência e conhecimento, como apontam O'Connor et al. (2008). Ainda, de acordo com Leifer et al. (2000), a escolha de uma arquitetura via empresa separada pode revelar uma grande aposta da empresa matriz, resultando em um aporte prematuro de grande quantidade de recursos no projeto. Isso pode implicar na geração de grandes expectativas na cúpula da empresa mãe e, dada a natureza de aprendizado por tentativa e erro de projetos envoltos em incertezas, levar a um descrédito prematuro do projeto logo em uma primeira falha.

3.1.4 Emergência de uma função inovação para gerir inovações mais radicais

Assim como o ocorrido com a função marketing nos idos da década de 50, como resposta às contingências de mercado que passaram a se apresentar na época, a partir das pesquisas de Leifer et al. (2000) no final da década 90, os traços iniciais de uma nova função organizacional começam a surgir em empresas estabelecidas americanas. Essa nova forma de organizar-se emerge para dar suporte à gestão da inovação mais radical. Leifer et al. (2000) denominaram essa “proto-função” de *hub* de inovação.

A proposta do hub de inovação, balizada na observação empírica da pesquisa de Leifer et al. (2000), baseia-se na criação de uma estrutura específica na empresa para receber novas ideias de projetos de inovação mais radical, selecioná-las e endereçá-las dentro da organização, comumente destinando-as a times de projeto designados pelo próprio *hub*.

Além disso, os *hubs* têm a responsabilidade de intermediarem os esforços da alta gestão em relação à companhia no que tange a promoção e desenvolvimento da inovação mais radical. Segundo os autores, o *hub* contaria com profissionais seniores e com experiência anterior em projetos de inovação mais radical, melhorando assim a capacidade de acúmulo e aproveitamento de conhecimento a respeito de inovação mais radical na firma. O *hub*, por sua vez, seria suprido de ideias a partir de "caçadores" (profissionais responsáveis por buscar ativamente ideias inovadoras com propensão a se tornarem novos negócios) e "coletores" (profissionais que atuam dentro de funções estabelecidas, mas que têm a incumbência de reportarem ao *hub* novas ideias que estejam sendo aventadas dentro de suas unidades). Em comum a uma função, o *hub* de inovação é uma estrutura formalizada e com mandato específico. Porém, não se responsabiliza pelo projeto até a transição para unidade de negócio que irá comercializá-lo (somente até a designação do time de projeto), não conta com garantia de orçamento e não possui a mesma "musculatura" que uma função propriamente dita, operando, assim, com estrutura mais enxuta e responsabilidade reduzida.

Somente a partir das pesquisas de O'Connor et al. (2008) é que um modelo de função organizacional de fato passa a ser discutido, como reflexo de suas observações e pesquisa de campo. Além de apontar explicitamente uma arquitetura organizacional na forma de função, para apoiar a gestão da inovação radical, O'Connor et al. (2008) propõem um modelo para detalhar a forma de funcionamento da mesma. Esse modelo é chamado de DIA e é composto pela articulação de três competências: Descoberta (D), Incubação (I) e Aceleração (A), cada qual com seu sistema de gestão particular.

Sinteticamente, a Descoberta implica na criação, reconhecimento, elaboração e articulação de oportunidades, avançando até a conceitualização, ou seja, até a elaboração de uma oportunidade de negócio. Para tal, utiliza-se de pesquisa básica, desenvolvida tanto interna quanto externamente, podendo inclusive comprar/investir em outras empresas ou licenças para adquirir ideias / conceitos que a empresa julgue que valham a pena serem desenvolvidos. Nesse sentido, a Descoberta vai muito além do que a fase de "geração de ideias" proposta pelos modelos canônicos.

A Incubação consiste em evoluir com a oportunidade até uma proposição de plano de negócios, com produtos testados no mercado e clientes iniciais identificados e desenvolvidos. Para isso, a Incubação utiliza-se dos conceitos gerados na fase de Descoberta e os experimenta / desenvolve até o ponto de se tornarem projetos com um perfil de análise mais comum, ou seja, parametrizáveis e analisáveis por via de técnicas

financeiras que também se aplicam a projetos incrementais. É a fase mais longa dentre as três propostas no modelo DIA, e, apesar de incertezas residuais poderem permanecer nos projetos em fases posteriores, é aqui onde o grosso das incertezas são gerenciadas e mitigadas. Nesse sentido, para o presente estudo, a competência de Incubação é de fundamental importância, pois o conceito de "eventos", como será discutido mais adiante, se associa à percepção e/ou manifestação dessas incertezas. Para solucioná-los há a necessidade de envolvimento de uma multiplicidade de atores, provindos de outras funções, e que deverão se mobilizar em conjunto, provendo os recursos possíveis para tratar tais "eventos".

Por fim, a Aceleração, que é a fase mais demandante em termos de investimentos, consiste em escalar o negócio, ou seja, criar as condições para que o produto seja produzido e comercializável. Conta, nesta fase, com recursos corporativos, sendo menos dependente da capacidade de negociação do "orquestrador" ou "champion" do projeto para obter recursos. Após o final da Aceleração, quando o projeto encontra-se maduro, o mesmo é encaminhado para a unidade que irá gerenciar sua operação corrente.

3.1.5 Problemática acerca de uma função organizacional prestando suporte à gestão da inovação mais radical

Funções organizacionais tradicionalmente têm associadas a si um conjunto de problemáticas, tais como a tendência à otimização local da função em detrimento da otimização global do negócio, falta de visão de cliente, lentidão e pouca capacidade de resposta a ambientes turbulentos (SALERNO e GOMES, 2018).

Apesar desses pontos, funções organizacionais emergem a partir da necessidade e escolha, por parte da empresa, de se especializar em um grupo de atividades que passa a ser considerado como essencial. Essa especialização implica em uma diferenciação em relação às demais funções e reflete uma decisão acerca de como a organização acredita que o trabalho deve passar a ser organizado. Segundo Lawrence e Lorch (1967), tal especialização ocorre em detrimento da integração, sempre apresentando o desafio de como gerenciar as interfaces que surgem entre a nova função e as funções já estabelecidas. Em consonância com os autores, Mintzberg (2003) coloca que decisões acerca da divisão do trabalho acompanham também a necessidade de optar sobre uma forma de coordenar as partes separadas. É esse *trade-off* entre especializar e integrar (ou coordenar/gerenciar as novas interfaces) que origina os pontos negativos das funções apontados acima.

Como aspectos positivos, O'Connor et al. (2008) e Salerno e Gomes (2018) apontam que uma função organizacional voltada especificamente para gestão da inovação mais radical apresenta vantagens em termos de

geração e acúmulo de conhecimento. O'Connor et al. (2008) e Salerno e Gomes (2018) apontam também para a vantagem de uma função organizacional formal contar com orçamento, garantindo que uma parcela dos recursos da empresa possa sempre ser aplicado nessas atividades. Esse último argumento é de especial validade, pois, uma vez que a inovação mais radical possui foco no longo prazo e maior dificuldade em ter seu sucesso medido de forma parcial, em períodos de escassez de recursos, torna-se uma das primeiras frentes de negócio a terem seus recursos extintos. Estruturada via função, tal problema é reduzido, pois por mais que os recursos possam diminuir, não podem ser totalmente eliminados. Dessa forma, a perenização dos esforços no sentido de gerar inovações mais radicais, ainda que com intensidade oscilante no tempo, é alcançada. Por fim, do ponto de vista de gestão, pela importância conferida a uma função, a gestão da inovação mais radical passa a contar com recursos humanos específicos e com representação na alta gestão, passando a ser reconhecida formalmente perante a companhia.

3.1.6 Hipótese “Função-Rede”

Ainda que sem associar explicitamente a gestão da inovação mais radical à uma função organizacional específica, Govindarajan e Trimble (2005) destacam a necessidade de “empréstimo” de recursos que um projeto dessa natureza tem em relação ao restante da companhia. Em seu framework de análise sobre grau de dificuldade organizacional para o desenvolvimento de projetos de inovação mais radical, os autores apontam três eixos: esquecer, emprestar e aprender. O eixo “esquecer” se relaciona com o distanciamento que os envolvidos no projeto devem procurar ter em relação aos hábitos da empresa mãe, para que não sejam contaminados e o novo projeto acabe sufocado pelo modus-operandi da organização principal. O eixo “emprestar” refere-se à capacidade que o projeto deve ter para aproveitar a abundância de recursos existentes em uma empresa estabelecida (considerado pelos autores, o grande diferencial em relação às startups) e consumi-los a seu favor. E o eixo “aprender” refere-se à capacidade que os gestores devem ter para aprender por tentativa e erro ao longo do avanço da iniciativa, pois em projetos dessa natureza, afirmam não ser possível planejar todas as ações com antecedência.

É importante notar que, assim como apontam Salerno e Gomes (2018), a necessidade de “emprestar” recursos (físicos, financeiros e humanos) de outras funções para cumprir o seu mandato é um comportamento atípico. Funções, por definição, são subsistemas organizacionais que possuem acesso aos recursos necessários para alcançar seus próprios objetivos. Contudo, segundo os autores, funções não são ilhas

isoladas, conectando-se umas às outras, sobretudo, através de troca de informações codificadas. Codificação, nesse sentido, é um padrão de envio de informação de uma função para outra, seja rotineiro ou por encomenda. Tal padrão implica em que o enviador de informação faz claramente parte do mandato da função que a fornece. Por exemplo, a equipe de PPCP tem que receber a informação detalhada de planejamento de vendas a cada rodada de planejamento de produção, implicando em uma troca de informação codificada rotineira. Já a equipe de planejamento de capacidade da fábrica requer uma estimativa agregada de demanda num horizonte de vários anos sempre que está analisando uma possível aquisição/substituição de linha de produção. Faz parte do trabalho da área de planejamento de demanda enviar essa informação, mesmo que a requisição ocorra esporadicamente, ou seja, a codificação, nesse caso, ocorre por encomenda.

Já no caso dos pedidos de informação da função inovação, os mesmos são abertos, pois dadas as incertezas que envolvem determinados projetos, não é possível planejar com antecedência quais áreas deverão ser acessadas e qual informação solicitada, não havendo, por vezes, responsabilidade clara sobre qual função deve fornecer a informação. Se não faz parte do mandato explícito da outra área, tal comunicação ganha novos contornos em termos de desafio.

O mesmo pode-se dizer do restante dos recursos. Empiricamente, O'Connor et al. (2008) observam que uma tendência que aparentemente está ganhando força, é de que a função inovação tenha responsabilidade direta, pelo menos pela fase da Descoberta. Em um número menor de casos, pode avançar também sobre a Incubação, pelo menos até o ponto em que testes de laboratório (demandando recursos internos de, por exemplo: P&D ou Engenharia, ou externos, como Universidades e Centros de Pesquisa) e de mercado (demandando recursos de, por exemplo, Marketing) passam a ter maiores dimensões. Já a Aceleração é quase que totalmente realizada e gerenciada com recursos de outras funções (como, por exemplo, da Produção e da Engenharia).

Mas, por que a função inovação possui essa característica peculiar? Salerno e Gomes (2018) apontam que, como a inovação mais radical é um fenômeno bastante particular, cercado de incertezas, é difícil prever de antemão a quantidade e *timing* de recursos necessários para cada projeto. Além disso, indicam que muitos dos recursos que se mostram necessários já estão contidos na organização, não valendo a pena duplicá-los, ainda mais quando alguns deles podem ser úteis à função inovação apenas uma ou poucas vezes.

Dessa forma, empresas estabelecidas que possuam forte intento estratégico no sentido de inovar mais radicalmente de forma sistemática, ao

construir uma arquitetura organizacional específica para endereçar essa questão através de uma função inovação, devem estar atentas ao fato de que se trata de uma “função-rede”. Esse tipo de função só consegue desempenhar as atividades sob sua responsabilidade ao “emprestar” recursos de outras funções e o projeto organizacional, em especial no tocante à interface com outras funções, deve favorecer essa negociação.

3.2 Eventos e Comunicação/Negociação: Bases de um possível quadro analítico para compreender a dinâmica de negociação de recursos entre função inovação e demais funções da empresa.

Três características do funcionamento da função inovação radical são fundamentais para compreendermos o quadro analítico proposto para se abordar o problema: i) o caráter razoavelmente imprevisível (incertezas) e significativo dos desdobramentos do seu trabalho; ii) a necessidade constante de comunicação com uma multiplicidade de outras funções organizacionais no sentido de obter os recursos necessários para a realização das atividades sob sua responsabilidade; e iii) a alta complexidade de realização e coordenação das atividades referentes à inovação mais radical, tanto dentro da função quanto nas funções de interface.

Tomando em conta os pontos acima e considerando a necessidade de articular um aporte teórico que permita o entendimento da perspectiva individual dos envolvidos em obter/ceder recursos para projetos de inovação mais radical, em interação com a função inovação radical, apoiamo-nos na teoria organizacional proposta por Philippe Zarifian. Em específico, propomos a utilização dos conceitos de evento e comunicação/negociação, associados a um paradigma organizacional que emerge em decorrência do contínuo esgotamento do paradigma prescritivo clássico (VELTZ e ZARIFIAN, 1993).

Para Zarifian (1995), evento é um acontecimento inesperado e relevante, que desvia um processo de seu curso normal. Sua causa é desconhecida e a solução não pode ser determinada de antemão. Além disso, não representa somente uma situação atípica pontual, mas toda uma situação evolutiva complexa. Para o autor, a crescente confrontação com esse tipo de situação faz parte da realidade dos trabalhadores de empresas que passaram a buscar de forma significativa a elevação da qualidade e da diversidade de seus produtos, assim como uma maior frequência de inovações (ZARIFIAN, 1996). Como consequência desse conjunto de fatores, o autor aponta que o trabalho passou a se tornar mais complexo.

No limite, Zarifian (1995) propõe que os eventos podem ser caracterizados como elementos base a partir dos quais o trabalho pode ser

organizado, invertendo a lógica clássica de organizar o trabalho de forma prescritiva para que os trabalhadores somente sigam um roteiro pré-determinado. Reflexo disso é o fato de que, para resolver um evento, é demandado do trabalhador a capacidade de envolver uma rede maior de atores, compartilhando a situação. Por sua vez, tais atores devem também perceber esse evento como algo importante, que deva ser resolvido e atuar cooperativamente para sua solução (VELTZ e ZARIFIAN, 1993). Esse tipo de mobilização, que ocorre sem definição prévia e de acordo com as contingências do momento, são impossíveis de serem prescritas antecipadamente. Nesse sentido, a teoria proposta alinha-se com o fenômeno pesquisado, pois a função inovação, em sua busca por identificar, mitigar e lidar com a materialização de incertezas (em especial na fase de Incubação), defronta-se com "eventos" toda vez que um novo ciclo de aprendizado do projeto demanda uma tomada de ação coletiva entre funções face às novas descobertas. Nessa ação, um conjunto de novos recursos, de variadas origens, têm de ser obtidos e combinados.

Em relação à comunicação, aqui entendida como intercompreensão mútua entre sujeitos, associa-se o papel de permitir a interação necessária entre os atores envolvidos na solução de um evento. Veltz e Zarifian (1993) destacam que a comunicação sai da periferia e é trazida para o núcleo das atividades. Enquanto no paradigma clássico se primava pela eficiência das operações, no paradigma emergente, proposto pelos autores, prima-se pela eficiência das interações, entendida como a densidade da comunicação entre a rede de atores envolvida com o evento. Segundo Veltz e Zarifian (1993): “Esta comunicação não consiste apenas na transmissão de mensagens, mas fundamentalmente, em chegar a um acordo sobre os objetivos comuns”. Nesse novo paradigma, “não se comunica apenas entre atividades, mas a atividade em si é a dese comunicar. A coordenação estática, programada, do modelo tradicional, deve dar lugar à cooperação dinâmica, não-programada” (VELTZ e ZARIFIAN, 1993).

Ao tratar de comunicação, Zarifian (1996) aponta três dimensões, que são mobilizadas na negociação que envolve o contato entre os múltiplos atores envolvidos em um evento, para solucioná-lo: i) cognitiva; ii) normativa e iii) expressiva.

A dimensão cognitiva (i) implica na identificação e validação das competências necessárias para solução de um evento, levando à mobilização, através de confiança mútua, dos atores necessários e que realmente se sintam envolvidos em sua solução. A dimensão normativa (ii) envolve o que os atores percebem que é esperado, do ponto de vista social (nesse caso, no contexto específico de sua organização), em relação às suas atitudes. O nível de autonomia e tomada de risco individual para solução de

eventos depende em grande parte dessa dimensão. O intento estratégico da direção, a cultura da organização e o desenho organizacional balizam a dimensão normativa. Já a dimensão expressiva (iii), apoiada nas dimensões cognitivas e normativas, reflete o cálculo utilitário que cada ator realiza em busca de uma vantagem individual que possa ser obtida através da participação na solução coletiva do evento. Por exemplo, aumento de remuneração, promoções e/ou obtenção de maior poder político na organização.

Nesse sentido, propomos que as categorias iniciais de análise a serem utilizadas para compreender o fenômeno de negociação de recursos entre função inovação radical e o restante das funções da empresa sejam baseadas nas três dimensões de comunicação/negociação propostas por Zarifian (1996).

4 Conclusão

Por um lado, a emergência de uma função organizacional especializada em gerir projetos de inovação mais radical encontra respaldo nas características absolutamente distintas que tais projetos possuem em relação aos projetos de inovação incremental. Por outro lado, a integração de tal função ao restante da companhia e a obtenção dos recursos necessários a seus projetos, que ocorrem de forma não planejada e encontram-se distribuídos na companhia mãe, é um desafio. Aspectos sociais, cognitivos e políticos devem ser considerados em conjunto na análise detalhada do problema. Ao considerar de forma integrada esses aspectos e analisar a tomada de ação coletiva, em grupos heterogêneos, em torno de problemas imprevisíveis, a teoria de Eventos e Comunicação / Negociação de Philippe Zarifian mostra-se como uma possibilidade promissora para abordar essa questão.

Referências

- COOPER, R. G. Stage-Gate system: A new tool for managing new products. **Business Horizons**, p. 44-54, May-June 1990.
- DUNCAN, R. **The ambidextrous organization**: Designing dual structures for innovation. In R. H. Kilmann, L. R. Pondy, & D. Slevin. *The Management of Organization*. New York: North Holland, p.167-188, 1976.
- GARCIA, R.; CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. **Journal of Product Innovation Management**, p.110-132, 2002.
- GIBSON, C.B.; BIRKINSHAW, J. The antecedents, consequences and

mediating role of organizational ambidexterity. **Academy of Management Journal**, v. 47, n.2, p.209-226, 2004.

GOVINDARAJAN, V.; TRIMBLE, C. **10 rules for strategic innovators: from idea to execution**. Boston: Harvard Business School Press, 2005.

HANSEN, M.; BIRKINSHAW, J. The innovation value chain. **Harvard Business Review**, v.85, n.6, p.121-130, 2007.

KNIGHT, F. **Risk, Uncertainty and Profits**. Boston: Houghton Mifflin. 1921.

LAWRENCE, P., LORSCH, J. **Organization and environment: Managing differentiation and integration**. Boston: Harvard University. 1967.

LEIFER, R.; MCDERMOTT, C; O'CONNOR, G.; PETERS, L.; RICE, M.; VERYZER, R. **Radical Innovation: how mature companies can outsmart upstarts**. Boston: Harvard Business School Press. 2000.

MARCH, G. Exploration and Exploitation in Organizational Learning. **Organization Science**, p.71-87, 1991.

MINTZBERG, H. **Criando organizações eficazes**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

O'CONNOR, G; DEMARTINO, R. Organizing for Radical Innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, p.475-497, 2006.

O'CONNOR, G.C.; LEIFER, R.; PAULSON, A.S.; PETERS, L.S. **Grabbing lightning: building a capability for breakthrough innovation**. San Francisco: John Wiley & Sons; 2008.

O'CONNOR, G.C.; CORBETT, A.C.; PETERS, L.S. **Beyond the champion: institutionalizing innovation through people**. Stanford: Stanford University Press, 2018.

O'REILLY, C; TUSHMAN, M. The Ambidextrous Organization. **Harvard Business Review**. 2004.

RICE, M; O'CONNOR, G; PIERANTOZZI, R. Implementing a Learning Plan to Counter Project Uncertainty. **MIT Sloan Management Review**, v. 49, p.54-62, 2008.

SALERNO, M.S.; GOMES, L.A. **Gestão da inovação(mais) radical**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SOMMER, S; LOCH, C. Selectionism and Learning in projects with complexity and unforeseeable uncertainty. **Management Science**, v.50, n.10, p.1334-1347, 2004.

TUSHMAN, M.L.; O'REILLY, C.A. Ambidextrous organizations:

Managing evolutionary and revolutionary change. **California Management Review**, v.38, n.4, p.8-30, 1996.

VELTZ, P.; ZARIFIAN, P. Vers de nouveaux modeles d'organisation? **Sociologie du Travail**, v.35, n.1, p.3-24, 1993.

WHEELWRIGHT, S.C.; CLARK, K.B. **Revolutionizing product development**: quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York: Free Press, 1992.

ZARIFIAN, P. **A gestão da e pela competência** (Seminário Internacional "Educação Profissional, Trabalho e Competências"), CIET - Centro Internacional para a Educação, Trabalho e Transferência de Tecnologia, Rio de Janeiro, 28 e 29 de novembro de 1996.

ZARIFIAN, P. **Travail et communication**: essai sociologique sur le travail dans la grande entreprise industrielle. Paris: PUF, 1996.

ZARIFIAN, P. **Le travail et l'événement**. Paris: L'Harmattan, 1995.

Análise Conjunta de Criação de Vantagem Competitiva em Empresas de Telecomunicações com Utilização de Pesquisas de Satisfação e Gestão Baseada em Valor

Kleber Nascimento da Conceição³⁰

Orlando Leonardo Berenguel³¹

1 Introdução

O mercado de telecomunicações no Brasil teve crescimento exponencial desde o final dos anos 90. Além das transformações tecnológicas que alteraram estruturalmente o ambiente empresarial desse setor, a privatização do sistema Telebrás, em 1998, trouxe ao Brasil outro cenário de competição, que até então inexistia, já que o sistema era estatal e monopolizado (BALESDENT FILHO, 2004). Além desse novo cenário de competição, a capacidade de investimento das empresas ganhadoras fez com que, segundo a ANATEL (2021), o Brasil saísse de uma base de 4,6 milhões de celulares em 1997, no Sistema Móvel Celular (SMC), para mais de 121 milhões de acessos em 2002, com a substituição do SMC pelo Serviço Móvel Pessoal (SMP). Destaca-se que o setor de telecomunicações apresenta a maior densidade para cada 100 habitantes no país, em comparação aos Serviços de Telefonia Fixa Comutada (STFC) e Tv Por Assinatura (TVPA). A densidade do SMP supera em muito os outros dois tipos apresentados, conforme demonstra a Fig. 1 (na página seguinte).

Trata-se de um mercado que opera em commodities, ou seja, mesmos produtos (aparelhos) entre as principais operadoras do país, mesmas tecnologias utilizadas para suportar os serviços, preços equivalentes. Nesse sentido, este trabalho se propõe a analisar como as empresas podem criar estratégias para competir neste cenário em que as características comerciais sejam equânimes e a competição não seja apenas para conquistar maior número de clientes, mas sim mantê-los. O SMP é o serviço de telecomunicações que possui o maior potencial de crescimento: a mobilidade que proporciona aos usuários que, através de um aparelho, conseguem efetuar

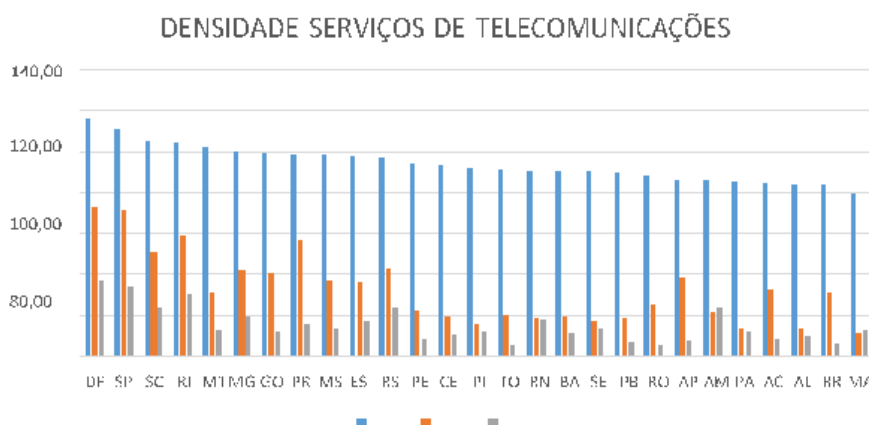
30 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: knascto@gmail.com

31 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: oberenguel@ifsp.edu.br

ligações telefônicas ou o acesso a diversos aplicativos disponíveis de qualquer lugar, gera muitos dados ao cruzar as redes das operadoras. Assim, o objetivo do artigo é apresentar como o uso da Gestão Baseada em Valor (GBV), utilizando direcionadores de valor, aliado à aplicação de *Net Promoter Score* (NPS), proporciona uma vantagem competitiva à empresa prestadora de SMP. O trabalho está dividido em seções, buscando apresentar:

- 2.1 Marco Regulatório de Telecomunicações no Brasil;
- 2.2 Estratégias e Vantagem Competitiva;
- 2.3 Gestão baseada em Valor e Direcionadores de Valor (DV);
- 2.4 *Net Promoter Score*.

Figura 1 – Densidade SMP, STFC e TVPA por 100 Habitantes



Fonte: ANATEL (2021)

2.1 Marco Regulatório das Telecomunicações

A Globalização, que se intensificou durante os anos 90, exerceu forte pressão para que o monopólio estatal fosse quebrado. Além disso, o governo brasileiro não tinha condições de aportar recursos para a Telebrás. Numa análise sobre este assunto, Velasco Júnior (1999), em contradição a outros autores que também escreveram sobre o tema, mostra em sua visão que este processo de privatização, que se iniciou durante o governo de José Sarney e foi concluído durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, tinha como objetivo principal atenuar o déficit público. Para que a privatização das Telecomunicações pudesse ocorrer, foi necessário alterar o inciso XI do artigo 21 da Constituição 1988, o que foi feito em 15 de agosto de 1995, através da

Emenda Constitucional n. 8. Após essa lei, outras foram criadas para permitir a privatização do setor; são elas: Lei 9.295/96, que regulamentou as concessões para telefonia móvel Banda B; Lei 9.472/97 (LGT- Lei Geral das Telecomunicações), que continha as premissas para a privatização das empresas do Sistema Telebrás e a criação da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Com a aprovação das leis necessárias para desestatização e a criação da agência reguladora para o setor, ANATEL, o governo brasileiro estipulou algumas regras para o leilão das concessões, com a finalidade de evitar que o monopólio, antes estatal, viesse a se tornar um monopólio privado. Desta forma, foram estipuladas pelo Plano Nacional de Privatização (PND), cuja gestão ficou a cargo do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), algumas regras a fim de garantir a concorrência ampla e irrestrita entre as empresas ganhadoras e que todas as localidades fossem atendidas no processo, isto é, mesmo regiões com menor potencial de retorno ou menos viáveis economicamente (FASCINA, ALEXANDRE, 2002).

2.2 Estratégias e Vantagem Competitiva

Para Besanko et al. (2006, p. 345), a vantagem competitiva é alcançada por uma empresa quando esta consegue obter melhores resultados que suas concorrentes. Para os autores, uma empresa pode alcançar esta vantagem criando uma cadeia de valor diferente de seus concorrentes ou a mesma, porém deverá, neste caso, buscar ser mais eficaz. A eficácia, por sua vez, exige que a empresa possua recursos e competências que suas concorrentes não possuem, evitando que estas copiem sua estratégia. No mercado de SMP, os recursos são praticamente iguais, isto é, os recursos humanos das empresas são especializados e a infraestrutura para os serviços utiliza geralmente os mesmos recursos tecnológicos, que muitas vezes são compartilhados. Já as competências podem ser diferenciadas, pois segundo Besanko et al. (2006, pp. 372-375) as empresas podem buscar formas de serem mais competentes que seus concorrentes. Como citado na introdução do artigo, as empresas fornecedoras de SMP utilizam as mesmas tecnologias, os smartphones disponibilizados pelos fabricantes podem ser utilizados nas redes de qualquer operadora, os preços praticados pelos serviços de voz e dados são muito próximos. Resta então a estas empresas buscar serem mais competentes que suas rivais.

2.3 Gestão Baseada em Valores - Direcionadores de Valor

A literatura traz definições de Gestão Baseada em Valor. Para Wacker e Taylor (1997), num mundo altamente competitivo, a GBV assegura que as decisões são baseadas em valores da própria organização e, portanto, não estão sujeitas a provas e a variáveis de cenários. Diante dessa realidade, as

organizações buscam se adaptar a este cenário de transformação por meio de novos modelos de gestão para seus negócios. A Gestão Baseada em Valor (GBV) é um dos modelos seguidos pelas organizações, em que todas as decisões e ações executadas estão pautadas em um conjunto de valores específicos. Na gestão baseada em valor, é indispensável identificar as variáveis que exercem impacto na organização, que são os *value drivers*, ou os direcionadores de valor (DV). Eles podem ser considerados como parâmetros, em que uma variação de seus indicadores causa uma modificação no valor da empresa.

Na abordagem deste artigo, a aplicação dos direcionadores de valor externos fornecerá os direcionadores de valor estabelecidos aqui, apenas como exemplo, para a criação de uma estratégia de vantagem competitiva apoiada na Gestão baseada em Valor. Segundo Assaf Neto (2019, p. 4) *“Direcionador de valor pode ser entendido como qualquer variável que exprime efetivamente uma influência sobre o valor da empresa”*. Para otimização do seu valor, a empresa não pode atuar diretamente sobre ele, portanto, deve atuar sobre os direcionadores de valor que, após definidos, consistem em importante ferramenta para atingir a meta da empresa. Para Rappaport (2001), os direcionadores de valor possuem tipos e classificações diferentes. O autor os classifica em macro direcionadores e micro direcionadores; indica que o valor de uma empresa é diretamente influenciado pelos macro direcionadores, porém aponta a necessidade de criação de micro direcionadores, que são variáveis e interferem nos macro direcionadores.

2.4 Net Promoter Score

Um dos indicadores utilizados pelas empresas para controlar sua posição de mercado é a satisfação dos seus clientes. Portanto, saber medir este indicador e agir de acordo com os resultados obtidos é essencial. O indicador *Net Promoter Score* (NPS) considera qual o potencial de um cliente recomendar o mesmo produto, marca ou serviço, ou seja, o quão fiel este cliente é a determinado produto, marca ou serviço. Pode-se então concluir que uma marca, produto ou serviço será recomendado se a qualidade de toda a cadeia que o envolve alcançar um certo índice de satisfação pelos clientes.

Para Reichheld (2006), as perguntas de uma pesquisa de satisfação devem ser feitas de forma correta. Desta forma, a resposta obtida é resultado do tratamento dado pelos colaboradores que mantém contato direto com os clientes, que são influenciados por todas as áreas funcionais da empresa envolvidas nas experiências dos clientes. O NPS classifica os clientes em três categorias, conforme a nota obtida: Detratores, Neutros e Promotores, cuja escala de classificação é apresentada na Fig. 2, a seguir:

Figura 2 – Classificação NPS



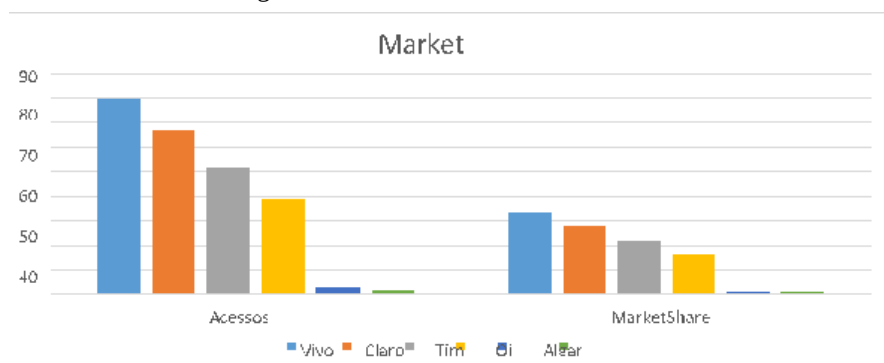
Fonte: Duarte, Tomás (2021).

3 Aplicação do Net Promoter

3.1 Empresas Analisadas - Definição dos direcionadores

Para delimitar a abrangência do estudo, selecionamos as maiores operadoras por quantidade de acessos e participação no mercado, segundo a ANATEL. Destas, selecionamos as quatro maiores: Vivo, Claro, Tim e Oi, respectivamente. A figura 3, abaixo, apresenta o *Market Share* por quantidade de acessos (milhões) e a porcentagem de participação de cada empresa no mercado de SMP no Brasil.

Figura 3 – Acessos e Market Share SMP



Fonte: Os autores, adaptado de ANATEL (2021b)

3.2 Definição dos direcionadores

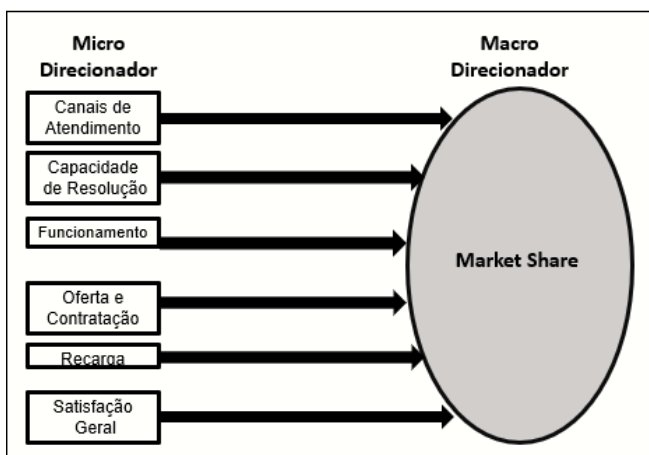
Com base no modelo apresentado e defendido por Rappaport (2001), a pesquisa definiu como macro direcionador o *Market Share* das empresas fornecedoras de SMP, pois através dele é possível saber se a estratégia adotada pela empresa proporciona ou não os resultados esperados, isto é, se mantém ou amplia sua participação no mercado SMP. A participação de uma empresa em determinado mercado foi definida como macro direcionador, pois segundo Assaf Neto (1999, p.6), direcionador de valor

é uma variável capaz de modificar o valor de uma empresa. Como macro direcionador, o *Market Share* depende de outras variáveis menores, os micro direcionadores, que segundo definição de Rappaport (2001) exercem influência no macro direcionador. A definição dos micro direcionadores foi baseada em pesquisas de satisfação realizadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) que engloba diversos itens, dentre os quais selecionamos os seguintes:

- Canais de Atendimento: Forma pela qual a empresa se relaciona com o cliente.
- Capacidade de resolução: Engloba a capacidade da empresa em resolver problemas.
- Funcionamento: Envolve a disponibilidade e qualidade dos serviços.
- Oferta e Contratação: Capacidade de atender a demanda por serviços, precificação.
- Recarga: A facilidade para recarregar os serviços pré-pagos.
- Satisfação Geral: Demonstra o quão satisfeitos os clientes estão com serviços, funcionamento, preço, atendimento.

Os itens acima influenciam diretamente a participação das empresas no mercado SMP e fazem parte das experiências dos clientes ao contratar o serviço. Após a definição de quais operadoras serão parte da pesquisa, na Fig. 4, é apresentado o modelo baseado em Rappaport (2001, p. 116) já com os micro direcionadores que influenciam o macro direcionador, no caso o *Market Share*.

Figura 4 - Direcionadores de Valor



Fonte: Os autores, adaptado de Rappaport (2001, p. 196)

3.3 Apresentação: Pesquisa de Satisfação Anatel

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) disponibiliza em seu site pesquisas de satisfação realizadas com clientes de todas as empresas prestadoras de serviços de telecomunicações no território brasileiro. Os resultados destas pesquisas serviram de base para obter os resultados para as empresas que atuam no mercado SMP. Abordamos apenas os serviços SMP pós e pré-pagos. A pesquisa traz dados desde o ano de 2015 até 2020, o que permite verificar a evolução das empresas estudadas. Para casos em que não constam dados da avaliação, adotamos o critério de preenchimento dos dados da seguinte forma:

$$\text{Média} = (\text{Maior nota no ano} + \text{Menor nota no ano})/2.$$

Também optamos por apresentar os dados por região, pois o Brasil apresenta dimensões continentais, e também para facilitar a consulta dos dados coletados, que são apresentados pela média das notas para cada micro direcionador obtidas pelas empresas em cada região, isto é, a soma das notas obtidas por estado de cada região dividida pelo número de estados. A Tabela 1, abaixo, apresenta os valores das notas.

Tabela 1 – Média de Notas Pesquisa de Satisfação X Micro direcionador X Região

Indicadores	Região	Operadoras			
		CLARO	OI	TIM	VIVO
Indicador de Canais de Atendimento	Norte	7,67	6,35	7,34	6,98
Indicador de Capacidade de Resolução		6,41	5,01	5,99	5,74
Indicador de Funcionamento		7,51	6,29	7,09	7,13
Indicador de Oferta e Contratação		7,43	6,22	7,27	6,86
Indicador de Recarga		7,63	7,54	7,29	6,87
Indicador de Satisfação Geral		7,44	6,24	7,18	7,01
Indicador de Canais de Atendimento	Nordeste	7,58	6,64	7,26	7,46
Indicador de Capacidade de Resolução		6,26	5,32	6,04	6,34
Indicador de Funcionamento		7,56	6,65	7,18	7,86
Indicador de Oferta e Contratação		7,35	6,54	7,24	7,52
Indicador de Recarga		7,33	6,75	7,08	7,50
Indicador de Satisfação Geral		7,46	6,68	7,22	7,68

Indicadores	Região	Operadoras			
		CLARO	OI	TIM	VIVO
Indicador de Canais de Atendimento	Centro Oeste	7,12	6,90	7,18	7,04
Indicador de Capacidade de Resolução		5,71	5,36	5,79	5,72
Indicador de Funcionamento		7,09	6,96	7,06	7,25
Indicador de Oferta e Contratação		6,84	6,79	7,20	6,94
Indicador de Recarga		6,74	7,20	7,15	6,81
Indicador de Satisfação Geral		7,02	6,88	7,12	7,08
Indicador de Canais de Atendimento	Sudeste	7,17	6,71	7,14	6,91
Indicador de Capacidade de Resolução		5,81	5,24	5,83	5,70
Indicador de Funcionamento		7,34	6,87	7,22	7,36
Indicador de Oferta e Contratação		7,13	6,72	7,26	6,96
Indicador de Recarga		7,13	7,13	7,04	6,64
Indicador de Satisfação Geral		7,20	6,80	7,21	7,12
Indicador de Canais de Atendimento	Sul	7,39	6,93	7,06	7,38
Indicador de Capacidade de Resolução		5,92	5,57	5,57	5,99
Indicador de Funcionamento		7,29	7,06	6,88	7,46
Indicador de Oferta e Contratação		7,23	6,88	7,00	7,31
Indicador de Recarga		7,35	7,21	6,92	7,17
Indicador de Satisfação Geral		7,25	6,97	6,97	7,37

Fonte: Os autores, adaptado de ANATEL (2021c)

3.4 Aplicação de *Net Promoter Score*

O *Net Promoter Score* tem a finalidade de apresentar às empresas que o adotam qual o grau de fidelidade de seus clientes a sua marca, produto ou serviço. Para Lovelock (2006, p. 33), a avaliação da qualidade de um serviço de um determinado fornecedor pelos clientes é determinada pelas expectativas com os produtos e serviços e o que percebem após a contratação. Para o mesmo autor, os clientes serão fiéis à marca, produto ou serviço, se suas expectativas forem atendidas e/ou excedidas após a contratação. Portanto, quanto maior o grau de satisfação, maior será a possibilidade de o cliente manter, adquirir e

recomendar a marca, produto ou serviço. Para aplicação do NPS utilizamos a média das notas de todos os micro direcionadores apresentados na Tab. 2 abaixo, onde a média de todas as notas dos itens selecionados da pesquisa de qualidade da ANATEL representa exatamente o NPS das empresas no período de 2015 a 2020.

Tabela 2 – Média Geral

Operadora	Região	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CLARO	Norte	6,80	7,13	7,40	7,37	7,57	7,67
	Nordeste	6,70	7,00	7,14	7,46	7,58	7,64
	Centro-Oeste	6,07	6,45	6,54	6,96	7,25	7,27
	Sudeste	6,28	6,71	6,74	7,15	7,43	7,38
	Sul	6,57	6,66	6,86	7,33	7,40	7,47
OI	Norte	5,59	5,74	5,84	6,15	6,63	7,01
	Nordeste	5,97	6,09	6,21	6,56	6,73	6,83
	Centro-Oeste	6,33	6,38	6,48	6,84	6,85	6,94
	Sudeste	6,22	6,22	6,32	6,72	6,80	6,88
	Sul	6,33	6,42	6,50	6,93	7,08	7,13
TIM	Norte	6,48	6,78	7,04	7,24	7,22	7,29
	Nordeste	6,58	6,77	6,94	7,18	7,14	7,35
	Centro-Oeste	6,55	6,74	6,82	7,00	7,03	7,21
	Sudeste	6,45	6,67	6,95	7,22	7,10	7,26
	Sul	6,11	6,47	6,72	6,93	6,98	7,08
VIVO	Norte	6,32	6,59	6,61	6,83	6,94	6,96
	Nordeste	7,13	7,32	7,35	7,47	7,58	7,44
	Centro-Oeste	6,60	6,72	6,83	6,77	6,88	7,03
	Sudeste	6,41	6,65	6,72	6,90	7,01	7,07
	Sul	6,90	7,09	6,98	7,20	7,29	7,19

Fonte: Os Autores, adaptado de ANATEL (2021c)

4 Resultados e discussões

A utilização dos conceitos de Gestão Baseada em Valor, em que definimos a participação das empresas de telecomunicações no mercado de

SMP como o macro direcionador, isto é, algo que as empresas não podem alterar diretamente, pois outras variáveis, os micro direcionadores, são os que exercem influência no mesmo. A busca pela satisfação da base de clientes das empresas de telecomunicações se torna uma vantagem competitiva, pois depende unicamente das mesmas desenvolverem a melhoria dos seus serviços, ou melhor, da cadeia de serviços envolvidos no seu produto, o SMP, atuando numa melhoria contínua a partir das pesquisas de satisfação realizadas pelas próprias empresas ou das pesquisas de satisfação realizadas e disponibilizadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A cadeia de serviços envolvidos no SMP são os micro direcionadores. Através da aplicação de um dos conceitos NPS, classificação dos clientes, sobre as médias das notas dos micro direcionadores para o ano de 2020 apresentados acima, na Tab. 2 (Média Geral), temos a classificação dos clientes como “NEUTROS” para todas as empresas, conforme ilustrado pela Tab. 3.

Tabela 3 – Média Micro direcionadores e Classificação Net Promoter Score

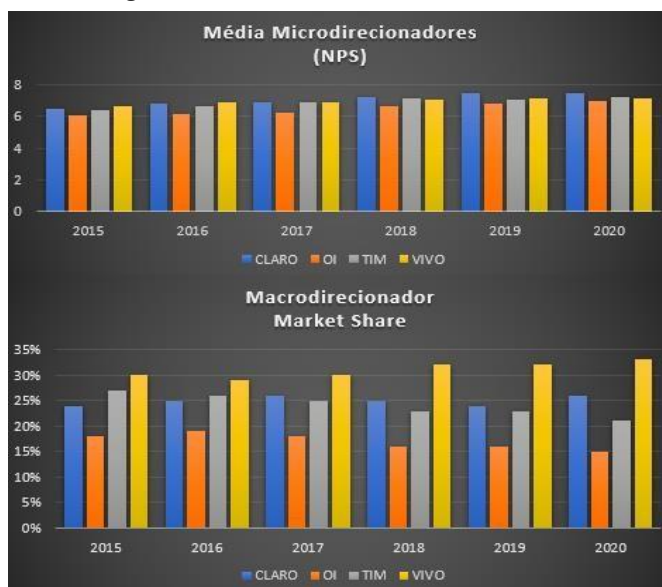
Operadora	Região	2020	NPS	Classificação
CLARO	Norte	7,67	8	NEUTROS
	Nordeste	7,64	8	NEUTROS
	Centro-Oeste	7,27	7	NEUTROS
	Sudeste	7,38	7	NEUTROS
	Sul	7,47	7	NEUTROS
OI	Norte	7,01	7	NEUTROS
	Nordeste	6,83	7	NEUTROS
	Centro-Oeste	6,94	7	NEUTROS
	Sudeste	6,88	7	NEUTROS
	Sul	7,13	7	NEUTROS
TIM	Norte	7,29	7	NEUTROS
	Nordeste	7,35	7	NEUTROS
	Centro-Oeste	7,21	7	NEUTROS
	Sudeste	7,26	7	NEUTROS
	Sul	7,08	7	NEUTROS

Operadora	Região	2020	NPS	Classificação
VIVO	Norte	6,96	7	NEUTROS
	Nordeste	7,44	7	NEUTROS
	Centro-Oeste	7,03	7	NEUTROS
	Sudeste	7,07	7	NEUTROS
	Sul	7,19	7	NEUTROS

Fonte: Os autores, adaptado de Couto, A. Falchetti (2015, p. 26) e ANATEL (2021c)

O conceito de criação de direcionadores de valor não financeiros está diretamente relacionado à eficiência operacional das empresas (CASELANI, 2006). Estes direcionadores são as variáveis que afetam o resultado de um negócio, segundo Copeland *et. al* (2000). A mensuração desses direcionadores é efetuada através de indicadores-chave, KPI (*Key Performance Indicator*), que neste trabalho foram definidos com os resultados das pesquisas de satisfação dos clientes, que por sua vez foram diretamente relacionados ao conceito NPS. A Figura 8 demonstra que a evolução do NPS das empresas prestadoras do serviço SMP, micro direcionadores, afeta a participação das empresas no mercado, o macro direcionador *Market Share*.

Figura 8 – Média Geral NPS e Market Share



Fonte: Os autores, adaptado de ANATEL (2021c).

Portanto, os conceitos de Gestão Baseada em Valor, Micro e Macro direcionadores aplicados às pesquisas de satisfação de clientes com o objetivo de alcançar a fidelização deles através do conceito NPS, são capazes de melhorar os resultados do negócio SMP. A vantagem competitiva ao utilizar a estratégia aqui apresentada demonstra que as empresas mais eficientes, com maiores NPS, conseguem aumentar a sua participação no mercado SMP.

5. Considerações finais

A pesquisa identificou como é possível, através de conceitos de Gestão Baseada em Valor, que as empresas de Telecomunicações possam criar vantagens competitivas frente a seus concorrentes utilizando dados de fontes externas e de fontes internas. A busca da melhoria contínua dos índices de satisfação dos clientes se reflete diretamente na participação das empresas no SMP e tais índices podem ser aplicados a outros serviços prestados por estas empresas. O planejamento e melhor utilização de seus recursos faz com as empresas tenham vantagem competitiva frente aos seus concorrentes, como foi afirmado por Chaharbaghi e Lynch (1999). Para Reichheld (2006, p. 24), a utilização de NPS é importante para que as empresas consigam manter sua base de clientes, pois estes, quando satisfeitos, continuam a se relacionar com a marca, produto ou serviço. Também permite aumentar a base dos clientes, pois ao superar as expectativas dos clientes, estes passam a recomendar a marca, produto ou serviço.

O desempenho das quatro maiores empresas atuantes no mercado SMP nas pesquisas de satisfação de clientes realizadas e disponibilizadas pela ANATEL, comparados aos índices do NPS neste trabalho, deixam os clientes classificados como Neutros, o que significa que a troca de operadora é algo muito provável e a falta de uma estratégia como a proposta neste artigo, pode significar uma estagnação no *Market Share* destas empresas, ou uma variação pequena, pois os índices apresentados por elas são muito próximos.

Referências

- ANATEL. Densidade do Serviço Móvel Pessoal, 2021a. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=298403&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=298403.pdf>. Acesso em: 30 maio 2021.
- ANATEL. Market Share Telefonia Móvel, 2021b. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- ANATEL. Pesquisa de Satisfação Anatel, 2021c. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/consumidor/pesquisa-de-satisfa%C3%A7%C3%A3o-e-qualidade-ranking>. Acesso em 12 jun. 2021.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2014.

ASSAF NETO, Alexandre. **Modelo de Gestão Baseada em Valor: A busca de valor pelos acionistas**. 2019. Disponível em: <https://gennegociosegestao.com.br/modelo-de-gestao-baseada-valor/>. Acesso em: 23 nov. 2019.

BALESDENT FILHO, D. **Estratégias competitivas pós-privatização para as empresas concessionárias de serviço telefônico fixo comutado (STFC) no Brasil: um estudo de caso**. 2004. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BESANKO, D.; DRANOVE, D.; SHANLEY, M.; SCHAEFER, S. A **Economia da Estratégia**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BLACK, A.; WRIGHT, P.; DAVIES, J. **Insearch of shareholder value: Managing the drivers of performance**. 2ª Ed. Londres: Pearson Education, 2001.

CASELANI, D. M. C. & CASELANI, C. N. Direcionadores Financeiros e Não Financeiros: Impactos na Geração de Valor. 2006. **30º Encontro ANPAD**, Salvador Brasil. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-ficd-1949.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CHAHARBAGHI, K.; LYNCH, R. Sustainable competitive advantage: towards a dynamic resource-based strategy. **Management Decision**, v. 37, n. 1, 1999, p. 45-50.

COPELAND, T., KOLLER, T., MURRIN, J. **Valuation: Measuring and managing the value of companies**. 3ª ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2000.

COUTO, A. F. **Satisfação e Lealdade de Clientes: Índice NPS**, p.26, São Paulo/SP, 2015.

DUARTE, Tomás. **Net Promoter Score: entenda o que é o NPS e como implementar esta métrica na sua empresa!** 2021. Disponível em: <https://blog.track.co/net-promoter-score/>. Acesso em: 24 maio 2021.

LOVELOCK, Christopher. **Marketing de serviços: pessoas, tecnologia e resultados**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

RAPPAPORT, A. **Gerando valor para o acionista: um guia para administradores e investidores**. São Paulo: Atlas, 2001.

REICHHELD, Frederick. **A pergunta definitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

WACKER, Watts; TAYLOR, Jim. **The 500 Year Delta: What happens after what comes next**. Harper Collins Publishers, 1997.

Uma Abordagem Atual sobre Remineralizadores em Solos de Baixa Fertilidade como Sugestão a uma Agricultura Sustentável no Brasil

Idlla Holanda Pessoa Pio³²

Érico Rodrigues Gomes³³

Fernanda da Luz Barbosa³⁴

Natanael Oliveira da Vera³⁵

1 Introdução

O Brasil abrange uma das maiores produções alimentícias do planeta, ressaltando que, além da demanda interna do país, também tem exportado seus sobressalentes com positivas demonstrações de crescimento econômico nos últimos anos frente a outras indústrias, o que o insere numa referência mundial ao ramo da agricultura tropical e subtropical, admitindo produção de mais de uma tonelada de cereais por cidadão ao ano (PILLON, 2017).

Por outro lado, embora sejam constantes os progressos sustentáveis no setor, o Brasil ainda se mostra fortemente dependente da importação de insumos farmacêuticos ativos ao tratamento de pragas e de insumos agrícolas para fabricação de fertilizantes solúveis, os quais se incluem as formulações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), considerados de extrema necessidade à atual e intensa geração de alimentos em solos que foram substancialmente acometidos por lixiviação e outros fenômenos

³² Laboratório de Engenharia de Materiais, PPG em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Central. *E-mail*: idllapio@gmail.com

³³ Laboratório de Engenharia de Materiais, PPG em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Central. *E-mail*: erico.gomes@ifpi.edu.br

³⁴ Laboratório de Engenharia de Materiais, PPG em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Central. *E-mail*: nanda.lb08@gmail.com

³⁵ Laboratório de Engenharia de Materiais, PPG em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Central. *E-mail*: oliveira_natanael@outlook.com

negativos, como a erosão, salinização, redução de matéria orgânica no solo e outros desequilíbrios nutricionais (THEODORO; LEONARDOS, 2011; PILLON, 2017; THEODORO et al., 2020;).

Nesse sentido, conforme dados da Associação Nacional para a Difusão de Adubos (ANDA), as importações de matérias-primas para fertilizantes alcançaram em 2015 cerca de 21 milhões de toneladas, posicionando o Brasil em quarto lugar no ranking mundial de consumo dessa esfera (ANDA, 2015). Com isso, são provocados maiores custos de geração dos produtos agrícolas (ameaçando a soberania alimentícia territorial) e desvantagens quanto a competitividade macroeconômica frente a outros países produtores (PILLON, 2017). Ademais, tais insumos são de fontes não renováveis, de finitude e cada vez mais próximos a escassez (MARTINS, 2016).

Vale ainda ressaltar que as empresas Vale Fertilizantes e Anglo American Fosfatos, detinham em 2015, respectivamente 58,9% e 11,8% da produção de insumos para os fertilizantes e produtos intermediários (ANDA, 2015). Diante de todos os argumentos expostos, intensifica-se a importância de o Brasil dispor de planejamentos e alternativas não só de enaltecer suas fontes de nutrientes territoriais e de origens minerais, como também inserir e amadurecer práticas agrárias mais sustentáveis para o melhoramento dos agroecossistemas (PILLON, 2017).

Nesse contexto, surgem os remineralizadores ou pós de rochas, também conhecidos pela tecnologia de rochagem ou pela denominação de subprodutos, que por sua vez são caracterizados como materiais de origens minerais que sofreram processos de trituração (seja por meio de mineração em pedreiras ou corte de rochas) e dependendo do seu grau de cominuição (ou classe de tamanho), são potencialmente favoráveis na disponibilização ou reposição de macro e micronutrientes para absorção de culturas de maneira natural, sucessiva e residual, aumentando os níveis de fertilidade do solo conforme sua exposição ao intemperismo, além de instigar em melhores características físico-químicas ou atividades biológicas (THEODORO; LEONARDOS; ALMEIDA, 2010; BRASIL, 2013; TARUMOTO; ROSSATO; CRUSCIOL, 2017).

Outrossim, o uso dos remineralizadores pode ser visto por uma perspectiva de minoração no uso de fertilizantes solúveis, em particular o citado NPK, redução de custos para os produtores agrícolas e dos efeitos nocivos que podem ser gerados ao solo em caso de consumo excessivo desses adubos químicos, além da produção intensiva de nutrientes (RAMOS et al., 2015).

Dentre as inúmeras vantagens descritas da aplicação dos pós de rochas, tem-se sua disponibilidade em grande quantidade em reservas,

pouco custo, possibilita lucros ao setor de exploração de pedreiras, aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) no solo, diminui a adsorção de fósforo (P) em função da abundância em silicatos, promove a calagem (correção do pH na circunstância de solos ácidos), oferece resultados prolongados por agir de forma residual, evita maiores perdas de macro e micro- nutrientes (fenômenos de lixiviação e erosão) com maior disponibilização desses às plantas (MARQUES; MARQUES, 2013; SILVA, 2013).

1.1 Objetivo

Tendo em vista o exposto supra apresentado e dado que o uso de tais subprodutos ser explanado e divulgado em diversas pesquisas científicas através da caracterização mineralógica, química e petrográfica das rochas utilizadas em estudos para potenciais adubações e melhoramento do solo, este trabalho tem como objetivo, discurrir uma abordagem atual acerca da aplicação de remineralizadores em solos de baixa fertilidade (em sugestão a uma agricultura sustentável), bem como apresentar uma listagem das rochas mais estudadas e as respectivas culturas agrícolas as quais podem ser vantajosas.

2 Metodologia

Em suma, para elaboração deste trabalho foi realizada uma revisão de literatura concentrada em artigos, anais de congresso, teses e dissertações que tiveram como temática principal, o uso de remineralizadores em solos de baixa fertilidade. Para tanto, as palavras-chaves utilizadas à busca foram: *rochagem, remineralizadores de solo, pó de rocha e fertilização, agricultura sustentável*.

O período da pesquisa foi restringido entre 2005 a 2021 e as bases de dados utilizadas foram: *Science Direct*, Google acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Foram excluídos estudos que se tratavam apenas da caracterização química e mineralógica dos remineralizadores de forma que não abordassem sua aplicação e efeitos positivos, e por conseguinte, foram incluídos aqueles que além da caracterização dos pós de rochas, também realizaram sua aplicação no solo por meio de um acompanhamento em curtos, médios ou longos prazos. Além disso, também se concentraram nas vantagens da aplicação dos remineralizadores.

3 Resultados

3.1 Aplicação de remineralizadores em solos de baixa fertilidade

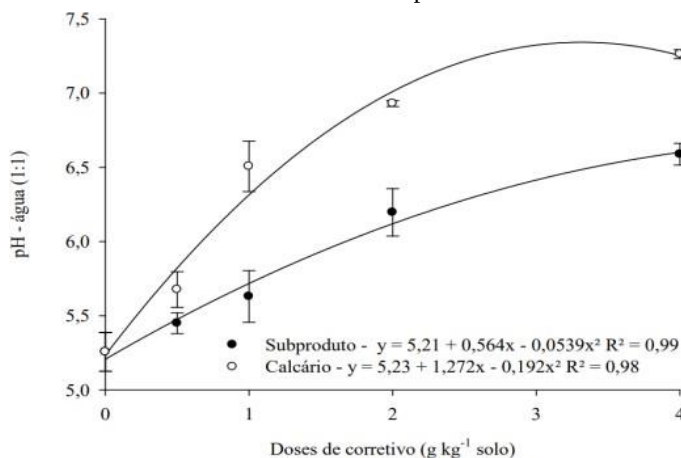
Inúmeras rochas abastadas em nutrientes, dentre eles: fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg), foram estudadas conforme à liberação de tais cátions por meio de suas triturações em diversas granulometrias, em que ao serem aplicadas diretamente nos solos, dispõem de maior eficiência frente aos adubos químicos solúveis, tal como o equilíbrio de absorção de K em comparação ao Ca e Mg e impedimento da fixação de P (um problema recorrente de desperdício dos fertilizantes em caso de solos com abundância em caulinitas, o tornando sem disponibilidade nos períodos de plantio) (BERGMANN; THEODORO; HOFF, 2011).

Nesse sentido, o Brasil desfruta de uma rica geodiversidade, o que consequentemente possibilita o emprego de rochas à prática de rochagem, sendo muitas pesquisas de campo desenvolvidas na presença de diferentes padrões de produtores agrícolas e nos mais variados ecossistemas (como Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica), adentrando-se aos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais por exemplo e onde as plantações em teste são aquelas de ciclos um tanto mais rápidos (milho, cana-de-açúcar, mandioca, hortifrutigranjeiros e arroz) (BERGMANN; THEODORO; HOFF, 2011).

Para tanto, as rochas mais aplicadas são aquelas de origem ígneas, as quais tem se mostrado em destaque em função de maior liberação de macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas, tais como os tufos vulcânicos, basaltos, carbonatitos, kamafigitos, fonolitos, piroxenitos milonitizados e determinados granitos. Dentre as de natureza metamórficas, destacam-se os serpentinitos, filitos e xistos, e por fim, as sedimentares margas e fosfatos. Cabe validar ainda que, essas rochas possuem em sua composição, minerais como olivinas, feldspatos, apatitas e micas (THEODORO; LEONARDOS, 2011; RAMOS et al., 2019).

Dessa forma, dados os efeitos positivos dos pós de rochas no solo, em um estudo experimental envolvendo a aplicação de calcário dolomítico e subprodutos de refino de calcário e folhelho pirobetuminoso proveniente de sua mineração, utilizou-se vasos contendo Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico para o plantio de milho, em que foram observados após 28 dias de incubação, neutralização da acidez no solo (alcançando um Poder de Neutralização - PN de 92%) com estabilização do pH (com controle de umidade – água 1:1) obtidos após a elevação de seus valores (Figura 1). Passado um período de 4 meses, foram validados aumentos nos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} para troca catiônica no solo (RODRIGUES; SILVEIRA; VAHL, 2017).

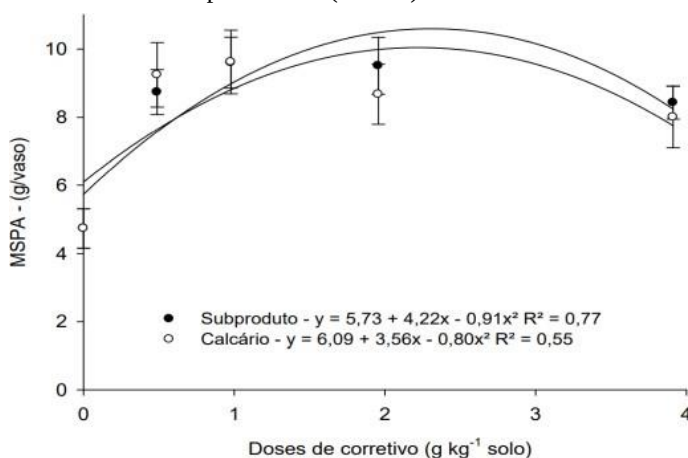
Figura 1. Alterações de pH em água durante 28 dias de incubação com dosagens de calcário e seus subprodutos.



Fonte: Rodrigues, Silveira e Vahl (2017).

Ainda considerando o mesmo estudo supracitado, a consequência positiva da elevação e correção do pH em correspondente aumento dos níveis de Ca e Mg, nas dosagens de 0,5 e 1 g de calcário e 1 e 2 g de subproduto por kg de solo respectivamente, provocaram também aumento nas produções de massa seca da parte aérea(MSPA) do milho (Figura 2) (RODRIGUES; SILVEIRA; VAHL, 2017).

Figura 2. Efeito da aplicação de calcário e subproduto na produção de massa seca da parte aérea (MSPA) do milho.

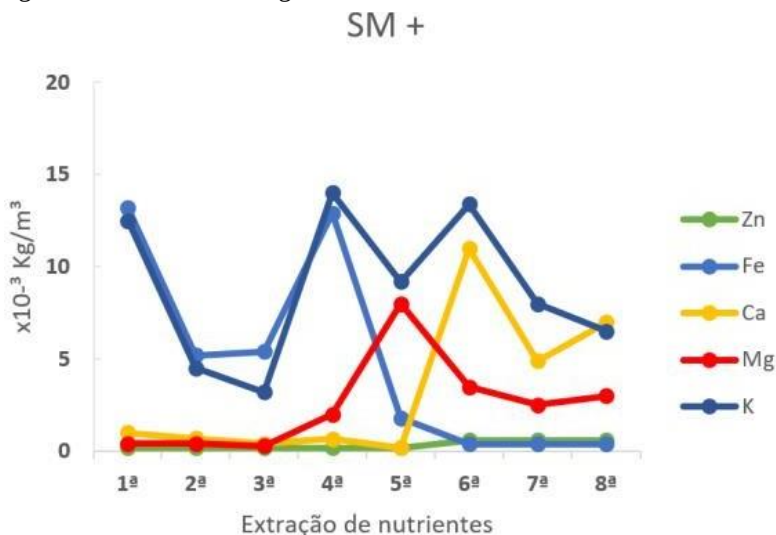


Fonte: Rodrigues, Silveira e Vahl (2017).

Demonstrado isso, a correção de acidez do solo oferece inúmeras vantagens para a produção de culturas, como: maior disponibilidade de Ca e Mg, minoração de efeitos nocivos e tóxicos do alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe) quando em excessos, mitiga a fixação do P, potencializa a ação dos fertilizantes, aumenta a liberação de NPK por exemplo, melhorando a decomposição da matéria orgânica, além de elevar a atividade microbiana no solo (SILVA et al., 2005).

Analogamente, em outro experimento e desta vez um estudo *in vitro* (em recortes de PVC 5) sob aplicação de pó de basalto associado à microorganismos (inoculados e nativos) aplicados em um horizonte A húmico do Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, foi avaliada a liberação de nutrientes como Ca e Mg no solo, sendo destacável o tratamento 1 adotado com microorganismos nativos mais incremento de inoculados do tipo *Bokashi Korin* mais adição de pó do basalto, tratamento denominado SM+, visualizado na Figura 3 (SILVA; AZEVEDO; A. FILHO, 2013).

Figura 3. Solo com microrganismos inoculados e remineralizador basalto.

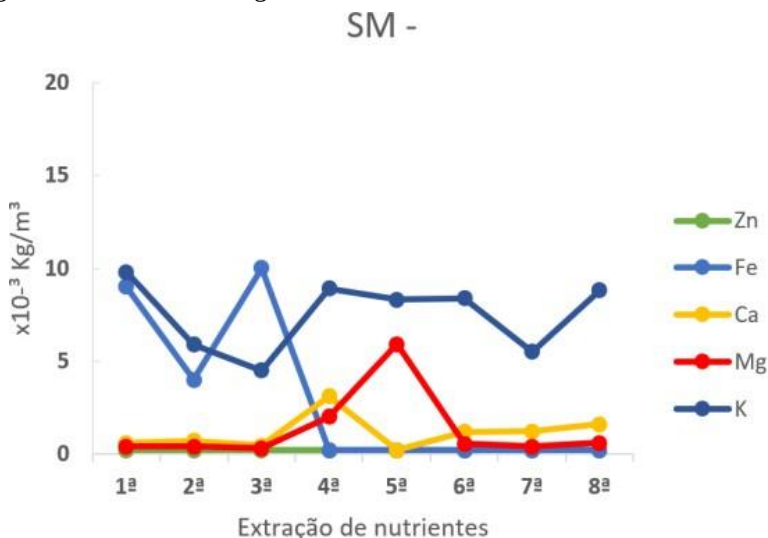


Fonte: Adaptado de Silva, Azevedo e A. Filho (2013).

Seguindo com a mesma pesquisa, constatou-se, maiores teores dos elementos Fe, Ca, K e Mg em relação à amostra testemunha, na qual constava apenas os microrganismos sem o remineralizador (tratamento SM-), possivelmente relacionado com a dissolução de feldspatos cálcicos, anfibólios e piroxênios gerando aumento de Ca e Fe (todos constituintes do

basalto) e o aumento de K em decorrência das micas de potássio do solo (SILVA;AZEVEDO; A. FILHO, 2013).

Figura 4. Solo com microrganismos inoculados e sem remineralizador basalto.



Fonte: Adaptado de Silva, Azevedo e A. Filho (2013).

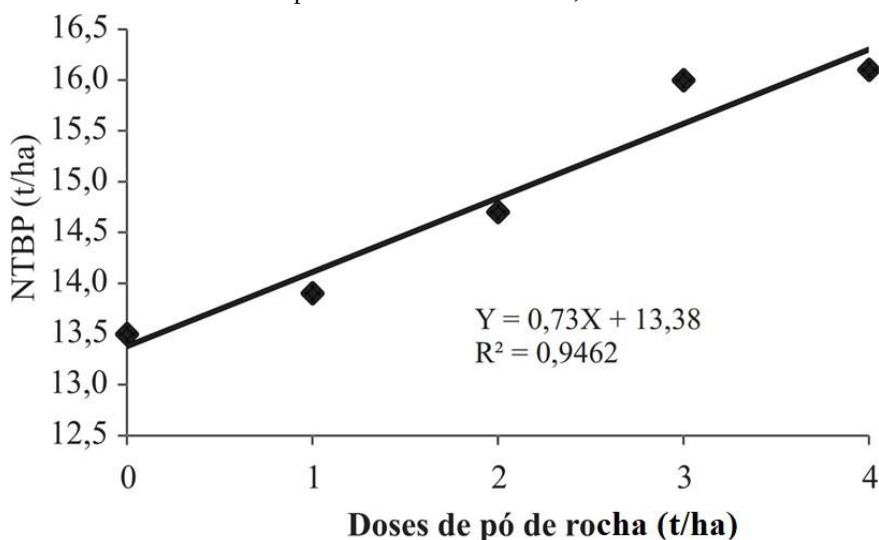
Concluiu-se que o pó de basalto possibilita o aumento na liberação de nutrientes (quando em solução), sendo ainda estimulado pela ação de microrganismos inoculados e nativos, denotando também que a junção de ambos, pode servir como uma alternativa benéfica para produções agrícolas. Salienta-se que, trata-se de resultados parciais, visto a pesquisa ter se fundamentado em 8 meses (eixos das abscissas nas Figuras 3 e 4) e que foram realizados em cada um, um pulso de lixiviação com água destilada (SILVA; AZEVEDO; A. FILHO, 2013).

Similarmente, também pode ser discutida a influência de remineralizadores MB-4 no cultivo de batatas com manejo agroecológico e melhoria na produtividade agrícola familiar, tendo como base um experimento no município de Areial - PB, Brasil, onde foram traçados blocos casualizados com cinco tratamentos: 0 (testemunha), 1, 2, 3 e 4 toneladas (t) de remineralizador por hectare (ha) em um período de 110 dias e quatro repetições (sendo cada seção amostral composta por 20 plantas de batatas) (SANTOS; SILVA; BESERRA, 2014).

Em prosseguimento ao estudo mencionado, foram realizadas análises de fertilidade antes do plantio e após a safra, em que foram identificados com a aplicação do remineralizador e liberação dos seus nutrientes constituintes, proporcionando uma melhor eficiência ao que diz respeito ao número de batatas por cultura, melhor desempenho da Soma de Base (SB), elevação nos teores de Ca^{2+} , P e Mg^{2+} , melhor CTC (em cerca de 28,22%), além de incremento do pH, com efeitos considerados satisfatórios (aumento na quantidade de batatas por cultura) na utilização de 3 a 4 t do remineralizador se comparado aos solos sem tratamento de adubação (testemunha) (Tabela 1) (SANTOS; SILVA; BESERRA, 2014).

Diante do exposto, os efeitos positivos do remineralizador MB-4 na produtividade da batata, agregou nas verificações da variância com regressão: efeito positivo em relação ao atributo produção total de batata (PTB) (dada de forma quadrática) e efeitos lineares expressivos sobre a produção de batata não comercial (PBNC) e número de batata por planta (NTBP), essa última variou em cada tratamento com uma razão no valor de 0,73 de modo crescente e linear (Figura 5) (SANTOS; SILVA; BESERRA, 2014)

Figura 5. Número total de batata (NTB) em função de doses de remineralizador, no experimento em Areial – PB, Brasil.



Fonte: Adaptado de Santos, Silva e Beserra (2014).

Tabela 1. Análise da fertilidade dos solos coletados antes do plantio e após a colheita da batata nos municípios de Areial e Esperança, PB

Experimento Plantio de Batata - Município de Areial - PB								
Antes do plantio								
Sem tratamentos	pH	P mg/dm³	K⁺ mg/dm³	Ca⁺² cmolc.dm³	Mg⁺² cmolc.dm³	SB cmolc.dm³	CTC cmolc.dm³	MO cmolc.dm³
	7,48	43,08	76,37	1,35	1,00	2,50	2,67	6,93
Após a colheita								
Tratamentos	pH	P mg/dm³	K⁺ mg/dm³	Ca⁺² cmolc.dm³	Mg⁺² cmolc.dm³	SB cmolc.dm³	CTC cmolc.dm³	MO cmolc.dm³
Sem adubo	7,48	43,08	76,37	1,35	1,00	2,50	2,67	6,93
1t/ha	7,89	67,11	44,96	2,00	1,20	3,34	3,42	6,00
2t/ha	7,81	60,58	47,58	2,10	1,00	3,25	3,33	6,21
3t/há	7,8	81,6	42,34	2,00	1,25	3,39	3,72	5,69
4t/há	7,48	46,97	31,87	2,35	1,15	3,60	3,93	5,79

Fonte: Adaptado de Santos, Silva e Beserra (2014).

Por fim, vale a ressalva de que as batatas se apresentam em pouca produtividade na região em questão devido aos seus solos serem naturalmente de baixa fertilidade, baixo teor de matéria orgânica, menor CTC e condições climáticas desfavoráveis, constatando que, a aplicação de pós de rochas como uma ótima alternativa para servir de condicionador do solo, embora os autores não tenham tido validação de efeitos tão expressivos na produção de batata comercial por planta (PBPCP) (SANTOS; SILVA; BESERRA, 2014).

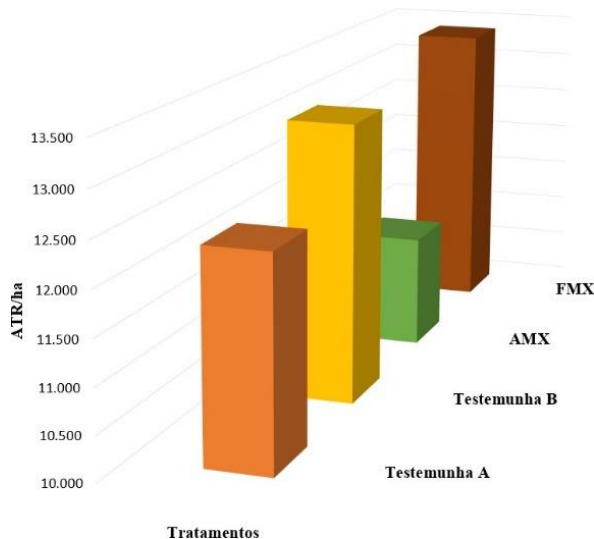
Em outro estudo desta vez investigando a aplicação do remineralizador micaxisto cominuído numa cultura decana-de açúcar, foram realizados quatro tratamentos distintos, sendo eles: testemunha absoluta (testemunha A); testemunha padronizada com adubação pela empresa Raízen (testemunha B) com NPK (600 kg/ha na proporção de 10-25-25), gesso (1900 kg/ha) e calcário (5500 kg/ha); pós finos de micaxisto (definido por FMX) em 5 t/ha e areia de micaxisto (AMX) na mesma quantidade do anterior, sendo a região experimental com 12 ha e solo do tipo Latossolo Vermelho na formação de Serra Geral (BATISTA et al., 2013).

Os resultados foram determinados conforme a ATR/ha (a dada

moeda para tramites comerciais da cultura de cana-de-açúcar). Adiante, com o monitoramento de incubação, os autores observaram distinções visuais comparando os tratamentos de FMX com a Testemunha B, principalmente em relação ao intervalo de maturação. Os benefícios com o uso do remineralizador se deram pelo: alongamento do ciclo vegetativo e maior preenchimento de colmos, com aumento na produtividade e qualidade de produção da cultura em questão, obtidos pelo atraso ocorrido de duas semanas da floração (BATISTA et al., 2013).

Ademais, o melhor desempenho se deu ao tratamento com FMX em relação aos outros tratamentos, haja visto esse ter alcançado um valor de 13.409 ATR/ha, enquanto que a Testemunha A e B demonstram atingir valores em ATR/ha, de 12.346 e 13.155, respectivamente, ao que tange o tratamento com AMX, esse expressou 11.293 ATR/ha, sendo, portanto, o menor resultado entre todos, fato possivelmente explicado pela granulometria, que por sua vez pode ter minorado a disponibilização dos seus nutrientes (Figura 6) (BATISTA et al., 2013).

Figura 6. Produtividade (ATR/ha) de cana-de-açúcar em função dostratamentos: Testemunhas A e B, AMX e FMX.



Fonte: Adaptado de Batista et al. (2013).

Contribuição deste trabalho

Em contribuição, admite-se que pesquisas nos âmbitos da sustentabilidade agrícola e aproveitamento de recursos minerais, em vistas

também a mitigar o uso de fertilizantes solúveis, são impulsionadas de forma crescente. Nesse sentido, com a proposta da aplicação dos remineralizadores em solos de baixa fertilidade ressaltando os favoráveis atributos de geodiversidade e clima tropical presentes no Brasil, propõe-se que mais abordagens e experimentos no campo da rochagem sejam cada vez mais discutidos e implementados.

O incentivo à aplicação de remineralizadores em solos de baixa fertilidade, conforme demonstrado, apresenta inúmeras vantagens (principalmente se comparados aos fertilizantes solúveis), as quais servem de destaque: seu modelo sustentável ao ser aplicado como subproduto (sendo portanto, ecologicamente correto), alcance de crescimento e sanidade de culturas por meio da liberação de nutrientes importantes, possui baixo custo e disponibilidade em abundância na natureza, melhora a fertilidade do solo, além de forte potencial para elevações de produtividade.

Conclusão

Conclui-se que, a partir da listagem dos remineralizadores mais estudados e suas respectivas culturas agrícolas nas quais se demonstram benéficos, apresentaram-se em relevância nesta pesquisa, a aplicação do pó de calcário e seu subproduto na correção de acidez do solo, aumento da liberação de nutrientes com o pó de basalto associado a microorganismos inoculados e nativos, incremento de forma linear no número total de uma cultura de batatas com o uso de remineralizadores MB-4, e por fim, aumento no valor de ATR/ha da cana-de-açúcar com o uso do pó de micaxisto na forma mais fina.

O uso de remineralizadores no solo, trata-se não apenas de uma tecnologia com fonte alternativa para a fertilização agrícola sustentável, mas também se dispõe a abrandar alguns dos maiores desafios contemporâneos das ciências agrárias do Brasil e do planeta: o suprimento de alimentos e o uso muitas vezes excessivo de fertilizantes químicos.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Dr. Érico Rodrigues Gomes pela orientação do tema e considerações, ao PPGEM e seu corpo docente pelo apoio à pesquisa, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI e ao Congresso Científico da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFSP - CONSISTEC pela oportunidade de submissão de artigo com a temática ciências agrárias.

Referências

ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos. **Anuário estatístico 2015**. 175 p. 2015.

BATISTA, N. T. F. et al. **Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em cultura de cana-de-açúcar**. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2., 2013. Visconde do Rio Branco. **Anais...** Visconde do Rio Branco (MG): Suprema, 2013. p. 58- 64., 2013

BERGMANN, M.; THEODORO, S. M. DE C. H.; HOFF, R. Rochagem: uma alternativa sustentável na remineralização de solos. **Embrapa Uva e Vinho (INFOTECA-E)**, v. 7, n. 85, p. 34–35, 2011.

BRASIL. **Lei 12890 de 10 de dezembro de 2013**, altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Poder executivo, Brasília-DF, Art. 1, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112890.htm. Acesso em: 06 ago. 2021.

MARQUES, V. J.; MARQUES, S. S.-. Rochagem no sultados estados do Maranhão e Piauí. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2., 2013. Visconde do Rio Branco. **Anais...** Visconde do Rio Branco (MG): Suprema, 2013. p. 149-159.

MARTINS, E. **Rochagem é opção barata para melhorar a fertilidade do solo**. Canal Rural, 2016. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/noticia/rochagem-vira-opcao-barata-para-melhorar-na-fertilidade-do-solo/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

PILLON, C. N. Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2017, Assis. **Anais...** Assis (SP): Triunfal Gráfica e Editora, 2017. p.15-22.

RAMOS, C. G. et al. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, v. 512–513, p. 371-380, 2015.

RAMOS, C. G. et al. Evaluation of Soil Re-mineralizer from By-Product of Volcanic Rock Mining: Experimental Proof Using Black Oats and Maize Crops. **Natural Resources Research**, v. 29, n. 3, p. 1583-1600, 2019.

RODRIGUES, M.; SILVEIRA, A. C. P.; VAHL, L. C. Efeito da aplicação de calcário e subproduto da exploração de calcário sobre o pH, Ca e Mg do solo e na produção de massa seca do milho. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2017, Assis. **Anais...** Assis (SP): Triunfal Gráfica e Editora, 2017. p.293-298.

SANTOS, J. F.; SILVA, E. D. DA; BESERRA, A. C. Produção agroecológica de batata em relação a doses de pó de rocha. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 1, p. 29–35, 2014.

SILVA, D. L.; AZEVEDO, ANTONIO CARLOS DE; A. FILHO, R. Ação de microorganismos em pó-de- Basalto. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2., 2013. Visconde do Rio Branco. **Anais...** Visconde do Rio Branco (MG): Suprema, 2013. p. 43-50.

SILVA, V. N. DA. **Interação de micro-organismos nasolubilização de fósforo e potássio de rochas para a produção de biofertilizantes**. 2013. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rede Nordeste de Biotecnologia- RENORBIO, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Natal - RN, Brasil., 2013.

SILVA, P. A. et al. Estudo mineral de uma supercalagemno milho. In: IX Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 9. e 5., 2005. São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2005. p. 551-553.

TARUMOTO, M. B.; ROSSATO, O. B.; CRUSCIOL, C. A. C. Eficiência do remineralizador em dois tipos de solo e manejos nos parâmetros biométricos e tecnológicos da soqueira de cana-de-açúcar. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2017, Pelotas. **Anais...** Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2017. p.281-285.

THEODORO, S. H. et al. Soil remineralization and recovery of degraded areas: An experience in the tropical region. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 107, n. July 2020, p. 103014, 2020.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Rochagem: uma questão de soberania Nacional. In: XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, 12., 2011, Gramado. **Anais...** Gramado (RS), 2011, p. 337–340.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. DE. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: Congresso Brasileiro de Rochagem. 1., 2010, Planaltina. **Anais...** Planaltina (DF) 2010. p. 173-181.

Avaliação dos Processos de Fenton e de Foto-Fenton combinados com Ultrassom no tratamento de Efluente Vinícola

Ricardo A. Rodrigues³⁶

Paulo S. Tonello³⁷

1 Introdução

Muitos processos de tratamento de efluentes líquidos, domésticos ou industriais possuem as características de apenas concentrar os poluentes em um volume menor ou de transferi-los para uma outra fase, necessitando assim de uma destinação correta ou de uma nova etapa de tratamento, como ocorre com os processos biológicos que produzem grande quantidade de lodo, o qual exige um descarte adequado, representando gastos adicionais ao processo (METCALF & EDDY, 2016).

Além disso, os processos biológicos também podem não ser eficientes na remoção de compostos orgânicos refratários, compostos que resistem à biodegradação, que são potencialmente tóxicos aos microrganismos responsáveis pela degradação (METCALF & EDDY, 2016), que muitas vezes estarão presentes no efluente ao final dos tratamentos e, portanto, devem ser monitorados antes do descarte.

Nesse contexto, efluentes líquidos gerados por processos agroindustriais costumam ser tratados por processos biológicos devido à presença majoritária de matéria orgânica e alta biodegradabilidade. Porém, tais efluentes podem conter substâncias recalcitrantes e tóxicas para microrganismos, como os efluentes vinícolas que possuem os compostos fenólicos. Esses compostos possuem origem natural, extraídos principalmente das cascas e sementes das uvas e são benéficos para o organismo humano, porém, caso sejam lançados sem tratamento no solo ou em corpos aquáticos, podem prejudicar a germinação de plantas e afetar a microbiota e pequenos organismos, como embriões de peixes, causando desequilíbrios ambientais (GHOUILA et al., 2017; MOSSE et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2017).

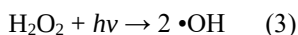
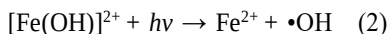
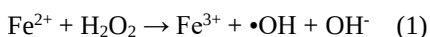
³⁶ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Roque. Universidade Estadual Paulista – Sorocaba, SP. *E-mail:* ricardo.augusto@ifsp.edu.br.

³⁷ Universidade Estadual Paulista – Sorocaba, SP. *E-mail:* paulo.tonello@unesp.br.

Os compostos fenólicos, substâncias que possuem pelo menos um anel aromático ligado a hidroxilas, estão presentes no efluente vinícola sob a forma de ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos e taninos. Além disso, o efluente vinícola também possui álcoois, açúcares, outros ácidos orgânicos e restos de leveduras, sendo gerados principalmente em processos de limpeza de tanques e equipamentos e preparação do mosto. Portanto, possuem os mesmos componentes do vinho (LUCAS e PERES, 2011).

Uma alternativa para o tratamento de um efluente com as características apresentadas são os processos oxidativos avançados (POAs), baseados na geração do radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), espécie química altamente oxidante e que atua de forma não seletiva, sendo capaz de degradar uma série de compostos orgânicos, como os compostos fenólicos, transformando-os em substâncias mais simples, biodegradáveis e menos tóxicas ou até mesmo mineralizando-os, ou seja, transformando-os em dióxido de carbono, água e outros íons inorgânicos (METCALF & EDDY, 2016).

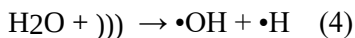
Entre os POAs destacam-se os processos de Fenton e de foto-Fenton, baseados na geração de radicais hidroxila, pela reação entre peróxido de hidrogênio e íons ferro (II) em meio ácido, conforme Eq. (1). Adicionalmente, com a aplicação de radiação ultravioleta no processo de foto-Fenton, os íons ferro (III), sob a forma $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$, absorvem a radiação e são reduzidos a íons ferro (II), gerando também um radical hidroxila, conforme Eq. (2). Assim, os íons ferro (II) são ciclicamente regenerados e ocorre o aumento da geração de radicais hidroxila. Além disso, a radiação ultravioleta também é capaz de promover a fotólise do peróxido de hidrogênio, conforme a Eq. (3), gerando mais radicais hidroxilas (ZHANG et al., 2019).



As vantagens de tais processos são o uso de reagentes químicos de baixo custo e simples manuseio, não geram grandes quantidades de lodo, operação em temperatura e pressão ambiente, e, além disso, no processo de foto-Fenton pode-se utilizar a luz solar como fonte de radiação ultravioleta (AMETA, R. et al., 2018).

Outra forma de remover compostos orgânicos presentes em efluentes é a sonólise, a degradação de compostos pela energia de ondas de ultrassom de alta frequência, que promovem o efeito da cavitação acústica quando inseridas diretamente em um meio reacional líquido. Nesse efeito, surgem bolhas de cavitação contendo vapores do líquido ou gases dissolvidos que, após sucessivas etapas de contração e expansão causadas

pelo ultrassom, colapsam sob altas temperatura e pressão, funcionando como microrreatores, que podem degradar as substâncias voláteis presentes em seu interior, assim como também gerar radicais hidroxila pela sonólise da molécula de água, conforme Eq. (4). Sendo assim, o processo da sonólise também pode ser considerado como um POA (AMETA, S. C. et al., 2018).



Aplicada junto aos processos de Fenton e de foto-Fenton as ondas de ultrassom podem aumentar a eficiência dos processos, promovendo o aumento da geração dos radicais hidroxilas e outros efeitos investigados por Chakma e Moholkar (2013) e Bagal e Gogate (2014).

Diversos trabalhos já aplicaram os processos de Fenton e de foto-Fenton no tratamento de efluentes vinícolas, obtendo resultados satisfatórios, como Ioannou e Fatta Kassinos (2013) e Santos et al. (2014), mas não estudaram os efeitos da combinação com a sonólise.

Desta forma, o estudo e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis de tratamento de efluentes são fundamentais para a economia de energia e de recursos naturais e para a preservação ambiental.

2 Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de ondas de ultrassom no tratamento de um efluente vinícola pelos processos de Fenton e de foto-Fenton, com foco na remoção da matéria orgânica e dos compostos fenólicos.

3 Métodos

O efluente foi obtido em uma vinícola da cidade de São Roque (SP). Após caracterização físico-química foi submetido ao tratamento pelos processos de Fenton, foto-Fenton, sono-Fenton e sono-foto-Fenton, em duplicatas.

Os tratamentos foram realizados utilizando 150 mL do efluente após filtração a vácuo com papel de filtro de 14 µm, para remover os sólidos em suspensão, e sob agitador magnético. Primeiro adicionou-se sulfato de ferro (II) heptahidratado com fonte de íons ferro (II) e, após a dissolução do sal, adicionou-se peróxido de hidrogênio 30% (m/v). Em seguida, o pH foi ajustado entre 2,8 e 3,0 com soluções diluídas de ácido sulfúrico e o tratamento ocorreu por duas horas.

Para a aplicação da radiação ultravioleta, construiu-se uma câmara escura contendo 5 lâmpadas de luz negra comerciais (28W, 220 V), que

também emitem radiação ultravioleta, e para a aplicação do ultrassom utilizou-se uma sonda ultrassônica (Eco-sonics, modelo QR500) com frequência de 20 kHz.

As concentrações ideais dos reagentes de Fenton foram selecionadas após a realização de experimentos pelo processo de foto-Fenton, combinando as concentrações de 2,0; 4,0 e 6,0 mmol/L de íons ferro (II) e 200,0 e 300,0 mmol/L de peróxido de hidrogênio.

Após a realização dos tratamentos, foram comparadas as concentrações de compostos fenólicos totais, DQO e COT, com os valores do efluente antes do tratamento e os resultados quantificados como a média das porcentagens de remoção de tais parâmetros.

A concentração de compostos fenólicos totais foi determinada pelo método de Folin, descrito no Standard Methods (APHA, 2017) como Taninos e Ligninas, com algumas adaptações, e a DQO foi realizada pelo método colorimétrico de refluxo fechado, também segundo o Standard Methods. O COT foi determinado pelo analisador de carbono Analytikjena Multi N/C 3100 e a cor pelo colorímetro Policontrol.

4 Resultados

Após a caracterização físico-química do efluente vinícola, obteve-se os resultados apresentados na Tab. 1, onde destaca-se a quantidade de DQO igual a 45,22 g/L, de COT igual a 8,04 g/L e de compostos fenólicos totais igual a 93,70 mg/L. Após a filtração, o efluente apresentou coloração avermelhada.

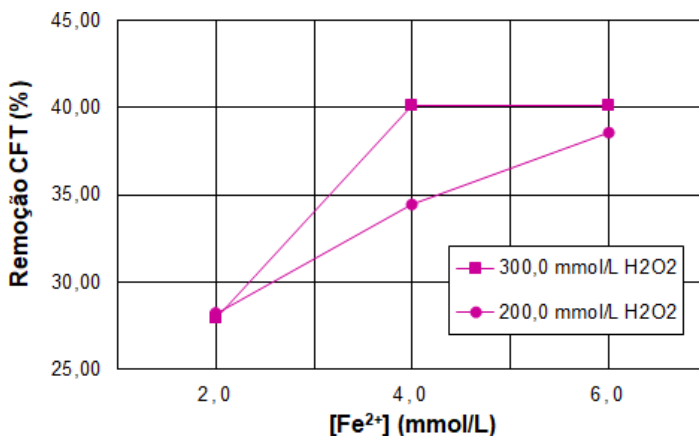
Tabela 1. Características físico-químicas do efluente vinícola.

Parâmetro	Valor
DQO (g/L)	45,22
COT (g/L)	8,04
CFT (mg/L)	93,70
pH	3,36
Cor real (uC)	441
Turbidez (NTU)	234
Condutividade elétrica (µS/cm)	1049
Sólidos totais (g/L)	10,91
Sólidos Totais Fixos (g/L)	977
Sólidos Totais Voláteis (g/L)	9935
Sólidos Suspensos (g/L)	3389
Sólidos Dissolvidos (g/L)	

Fonte: elaboração própria.

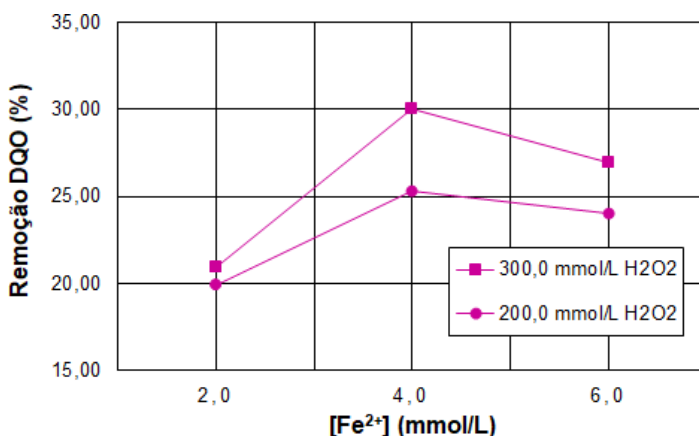
Os resultados das porcentagens de remoção dos compostos fenólicos totais e da DQO pelo processo de foto-Fenton com a variação das concentrações de íons ferro (II) e peróxido de hidrogênio para a definição das concentrações ideais a serem utilizadas dos reagentes são apresentados nos gráficos das Figuras 1 e 2.

Figura 1. Remoção dos compostos fenólicos totais (CFT) pelo processo de foto-Fenton em função das concentrações de Fe^{2+} e H_2O_2



Fonte: elaboração própria.

Figura 2. Remoção da DQO pelo processo de foto-Fenton em função das concentrações de Fe^{2+} e H_2O_2



Fonte: elaboração própria.

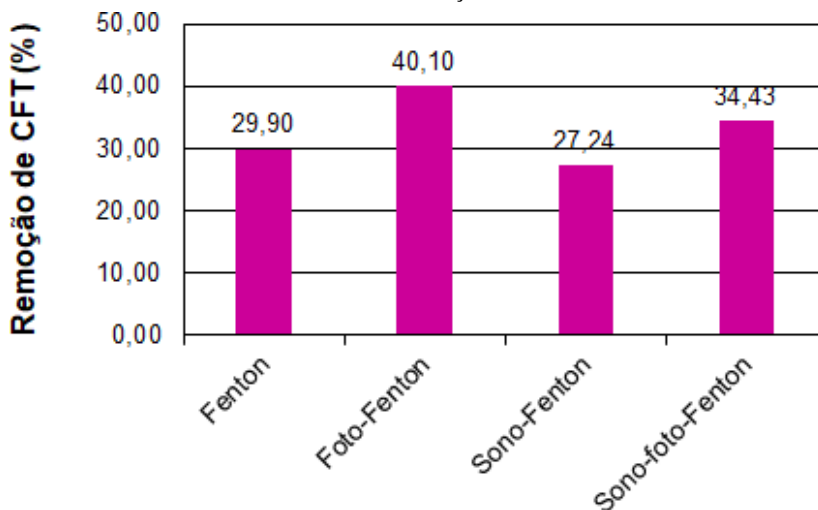
Após a seleção da concentração ideal dos reagentes de Fenton e da execução dos tratamentos pelos processos de Fenton, foto-Fenton, sono-Fenton e sono-foto-Fenton, os resultados das porcentagens de remoção dos compostos fenólicos totais, DQO e COT para cada tratamento estão apresentados nos gráficos das Figuras 3, 4 e 5.

5 Discussão

A otimização das concentrações dos reagentes de Fenton foi realizada com o objetivo de definir as quantidades ideais que promovessem as remoções mais altas, sem gasto excessivo de reagentes, representando economia ao processo, sem comprometer a eficiência. Desta forma, analisando os gráficos das Figuras 1 e 2, as quantidades de íons ferro (II) e peróxido de hidrogênio selecionadas foram iguais a 4,0 mmol/L e 300,0 mmol/L, respectivamente.

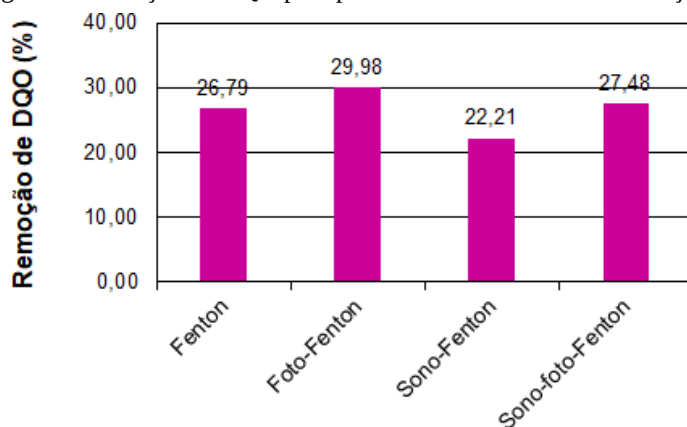
Utilizando tais concentrações foi possível remover 40,10% dos compostos fenólicos totais e 29,98% da DQO pelo processo de foto-Fenton, que foi utilizado como padrão na otimização, pois já é definido como mais eficiente que o processo de Fenton tradicional, devido à aplicação da radiação ultravioleta e geração de mais radicais hidroxila.

Figura 3. Remoção dos compostos fenólicos totais (CFT) pelo processo de Fenton e suas variações.



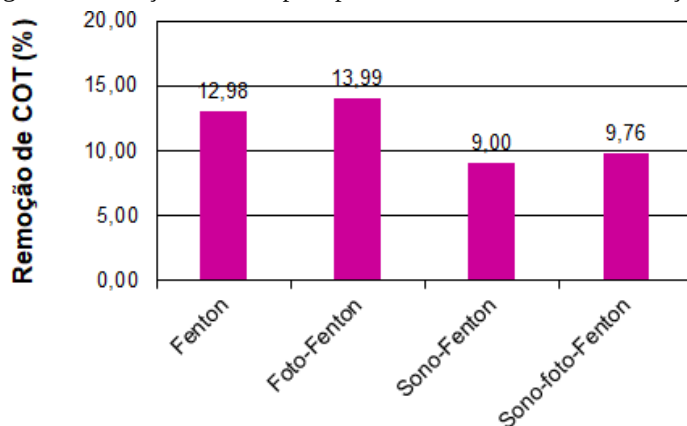
Fonte: elaboração própria.

Figura 4. Remoção da DQO pelo processo de Fenton e suas variações.



Fonte: elaboração própria.

Figura 5. Remoção do COT pelo processo de Fenton e suas variações.



Fonte: elaboração própria.

Analisando os demais resultados, notou-se que, utilizando a concentração de peróxido de hidrogênio de 300,0 mmol/L, os valores das remoções dos compostos fenólicos totais e da DQO foram mais altos do que utilizando 200,0 mmol/L, porém para as concentrações de íons ferro (II), acima de 2,0 mmol/L, pois com o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio ocorre mais formação de radicais hidroxila e, consequentemente, mais degradação dos compostos presentes no efluente. Já o aumento da concentração de íons ferro (II) promoveu aumento pouco significativo da remoção dos compostos fenólicos para concentrações acima de 4,0 mmol/L, e para a remoção de DQO os valores para concentrações acima ou abaixo de

4,0 mmol/L foram todos inferiores. Tais observações demonstram que, para obter a melhor performance do processo, deve existir um equilíbrio entre as concentrações de íons ferro (II) e peróxido de hidrogênio, pois se algum reagente estiver em excesso outras reações podem ocorrer, diminuindo a quantidade de radicais hidroxila produzidos e comprometendo a eficiência do processo.

Ao realizar o processo de Fenton tradicional os resultados obtidos das remoções dos compostos fenólicos totais, DQO e COT, como se observa nos gráficos das Figuras 3, 4 e 5, foram todos inferiores aos obtidos pelo processo de foto-Fenton, como já se esperava, pois com a aplicação da radiação ultravioleta ocorre mais geração de radicais hidroxila, em comparação com o processo de Fenton tradicional, devido à reação com os íons ferro (III) que produz um radical adicional e regeneram-se a íons ferro (II), restabelecendo ciclicamente a reação de Fenton e também à fotólise do peróxido de hidrogênio.

Porém, ao realizar o processo de sono-Fenton, todos os resultados das remoções foram inferiores até mesmo que os obtidos pelo processo de Fenton tradicional, a aplicação do ultrassom não causou o efeito positivo esperado para as degradações. Tal fato pode ser explicado devido à presença e à concentração adicionada do peróxido de hidrogênio, otimizada pelo processo de foto-Fenton e definida também em razão da alta concentração de matéria orgânica. Nessas condições, os radicais hidroxila produzidos pelo ultrassom são sequestrados pelo peróxido de hidrogênio, conforme a Eq. (5), produzindo outros radicais de potencial de oxidação menor e diminuindo a quantidade de peróxido de hidrogênio disponível, reduzindo a eficiência do processo, assim como também observado por Chakma e Moholkar (2013).



Ao adicionar a radiação ultravioleta no processo de sono-foto-Fenton, os resultados foram superiores aos do processo de sono-Fenton e também aos do processo de Fenton tradicional para a remoção dos compostos fenólicos totais e da DQO, mas ainda assim não foram superiores aos do processo de foto-Fenton, devido ao efeito positivo já discutido da radiação ultravioleta e do efeito negativo do ultrassom.

De modo geral também não foi possível obter altas remoções dos parâmetros avaliados em comparação com outros trabalhos que também trataram de efluente vinícola pelos processos de Fenton e de foto-Fenton devido à alta concentração de matéria orgânica presente no efluente utilizado, que age como um fator limitante em relação à quantidade de reagentes utilizados e às reações indesejadas que podem ocorrer nos processos.

Outro problema envolvendo a alta concentração de matéria orgânica consistiu na remoção da cor do efluente, conforme se observa na Figura 6, o efluente antes do tratamento, de cor vermelho púrpura, apresentou cor amarela ao final do tratamento, para todos os processos utilizados. Mesmo com a adição de solução de hidróxido de sódio para a remoção dos íons ferro sob a forma de hidróxido de ferro (III), insolúvel, não foi possível remover a coloração amarela, pois ela é causada pela formação de complexos estáveis entre a matéria orgânica e os íons ferro (III), conforme também relatado por Bagal e Gogate (2014), e representando mais uma dificuldade do processo de Fenton homogêneo para tratamento de efluentes com alta concentração de matéria orgânica.

Figura 6. Cor de efluente antes do tratamento (à esquerda) e após o tratamento (à direita)



Fonte: dos autores.

Observa-se também que as porcentagens de remoção da DQO foram superiores que as de remoção do COT, em concordância com Ioannou e Fatta-Kassinos (2013), significando que os processos são mais eficientes em transformar os compostos presentes no efluente em compostos mais fáceis de serem oxidados do que em mineralizá-los. Assim, os processos estudados ainda podem ser capazes de aumentar a eficiência de processos biológicos, se aplicados como pré-tratamento, pois podem ter transformado as substâncias em outras mais biodegradáveis e menos tóxicas, ou também como pós-tratamento, pois ao final do processo biológico, havendo concentração de matéria orgânica menor, os processos de Fenton e suas variações podem ser mais eficientes como um tratamento adicional.

Existem também outras variações do processo de Fenton que poderiam resultar em remoções mais altas, como o processo de Fenton heterogêneo, que utiliza partículas sólidas de ferro e que possui as vantagens de não necessitar da acidificação do meio, geram baixas quantidades de lodo e podem ser recuperadas e reaproveitadas.

Conclusão

O processo que causou as maiores remoções dos poluentes do efluente vinícola foi o processo de foto-Fenton, que removeu 40,10% dos compostos fenólicos totais, 29,98% da DQO e 13,99% do COT. A aplicação do ultrassom de forma concomitante aos processos de Fenton e de foto-Fenton não foi capaz de causar efeitos positivos nas remoções devido às reações indesejadas que ocorreram em virtude da quantidade de peróxido de hidrogênio otimizada para o máximo de degradação, que diminui a quantidade de radicais hidroxila presente no meio reacional. Porém, tais resultados estimulam o estudo e desenvolvimento de outras variações do processo de Fenton, como os processos de Fenton heterogêneo, com novas vantagens econômicas e ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos à UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba - pela oportunidade de realização do mestrado e ao IFSP – Campus São Roque - pelo apoio e política de desenvolvimento dos seus servidores.

Referências

- AMETA, R.; CHOHADIA, A. K.; JAIN, A.; PUNJABI, P. B. Fenton and photo-Fenton processes. In: AMETA, S.C.; AMETA, R (eds.). **Advanced oxidation processes for wastewater treatment: Emerging Green Chemical Technology**. [s.l.]: Academic Press, 2018. cap. 3, p. 49- 87.
- AMETA, S. C.; AMETA, R. AMETA, G. **Sonochemistry: An emerging green technology**. Toronto: Apple Academic Press, 2018. 403 p.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 2017.
- BAGAL, M. V.; GOGATE, P. R. Wastewater treatment using hybrid treatment schemes based on cavitation and Fenton chemistry: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**.v. 21, n. 1, p. 1-14, jan. 2014.
- CHAKMA, S.; MOHOLKAR, V. S. Physical Mechanism of sono-Fenton process. **AIChE Journal**. v. 59, n. 11, p. 4303-4313, nov. 2013.

CAVALCANTE, A. K.; LOPES-FERREIRA, M.; ROGERO, S. O.; ROGERO, J. R. Evaluation of resveratrol toxicity in the embryolarval stage of *Danio rerio* fish. **Ecotoxicology and Environmental contamination**. v. 12, n. 1, p 133-139, Apr. 2017.

GHOUILA, Z.; LAURENT, S.; BOUTRY, S.; VANDER ELST, L.; NATECHE, F.; MULLER, R. N.; BAALIOU-AMER, A. Antioxidant, antibacterial and cell toxicity effects of polyphenols from Ahmeur Bouamer grape seed extracts. **Journal of Fundamental and Applied Scienc- es**. v. 9, n. 1, p. 392-410, Mar. 2017.

IOANNOU, L. A.; FATTA-KASSINOS, D. Solar photo-Fenton oxidation against the bioresistant fractions of winery wastewater. **Journal of Environmental Chemistry Engineering**. v. 1, n. 4, p. 703-712, Dec. 2013.

LUCAS, M. S.; PERES, J. A. Processes de Tratamento de Efluentes Vinícolas: Breve Perspectiva. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**. v. 122, p. 41-47, jul./set. 2011.

METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 2003 p.

MOSSE, K. P. M.; PATTI, A. F.; CHRISTEN, E. W.; CAVAGNARO, T. R. Winery wastewater inhibits seed germination and vegetative growth os common crop species. **Journal of Hazardous Materials**. v. 180, p. 63-70, Aug. 2010.

SANTOS, C.; LUCAS, M. S.; DIAS, A. A.; BEZERRA, R. M. F.; PERES, J. A.; SAMPAIO, A. Winery wastewater treatment by combination of *Cryptococcus laurentii* and Fenton's reaction. **Chemosphere**. v. 117, p. 53-58, Dec. 2014

ZHANG, M.; DONG, H.; ZHAO, L.; WANG, D.; MENG, D. A review on Fenton process for organic wastewater treatment based on optimization perspective. **Science of the Total Environment**. v. 670, p. 110-121, jun. 2019.

Titulometria Aplicada à Análise de Teor de Acidez em Vinagres Comercializados no Brasil

Omar Arafat Kdusi Khalil³⁸

Bianca Anotti³⁹

1 Introdução

Esta pesquisa objetiva analisar o teor de acidez de vinagres comercializados no Brasil por meio de uma revisão bibliográfica. A relevância desse assunto está na importância que a acidez tem como parâmetro de qualidade de produtos industrializados

O vinagre é um alimento fermentado comumente conhecido em todo o mundo. As matérias-primas utilizadas no seu preparo vão desde frutas como uva, maçã, tomate, caqui e abacaxi, até mesmo o sorgo, farelo de trigo, feijão, arroz e casca de arroz. Os processos de produção do vinagre envolvem a seleção das matérias-primas, as fermentações alcoólica e acética, o envelhecimento e embalagem (Figura 1). Entre os nutrientes presentes, citam-se aminoácidos, açúcares, vitaminas, minerais e componentes bioativos, como os ácidos orgânicos (XIA *et al.*, 2020).

No Brasil, a acidez conferida por estes ácidos deve atender ao preconizado por legislação, cujo limite mínimo é de 4%, não constando limite máximo, independente do fermentado acético ser de álcool, mel, frutas, cereais ou outros tipos de plantas (BRASIL, 2012). Entre os ácidos produzidos, o ácido acético destaca-se como o principal componente, sendo obtido pela oxidação fermentativa do etanol (Figura 2).

³⁸ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR) - Campus Londrina. *E-mail*: omar.khalil@ifpr.edu.br

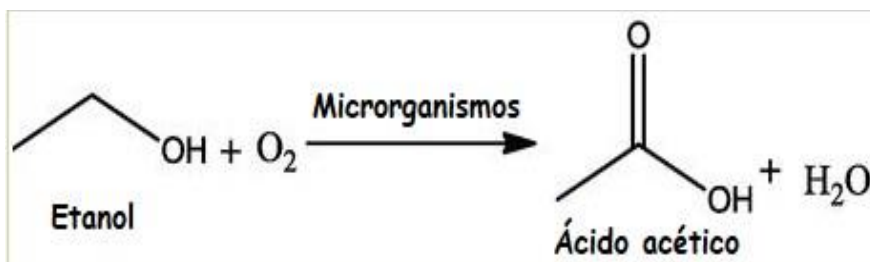
³⁹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR) - Campus Londrina. *E-mail*: biancaanotti1@gmail.com

Figura 1. Etapas para a produção de vinagre.



Fonte: adaptado e traduzido de Xia *et al.* (2020).

Figura 2. Produção do ácido acético por meio da fermentação oxidativa do etanol.



Fonte: adaptado e traduzido de Deshmukh e Manyar (2020).

As rotas gerais de produção de ácido acético são a química e a fermentativa. A rota fermentativa é principalmente adaptada para a geração de ácido acético de qualidade alimentar, que é o vinagre. Sua produção comercial é realizada por fermentação oxidativa, com o uso de microrganismos. O processo de fermentação do ácido acético é economicamente viável, com operações relativamente simples. A aplicação deste processo é muito limitada à demanda global atual (DESHMUKH; MANYAR; 2020).

Em relação à qualidade dos vinagres, as indústrias de alimentos e produtos químicos obrigam-se a seguir rigorosamente o que é descrito nos rótulos dos seus produtos para que a segurança dos consumidores não seja comprometida no momento da utilização (LIMA *et al.*, 2020) e, mesmo que não ofereça risco, o consumidor almeja obter exatamente o que é descrito no produto que adquire. Exemplifica-se a acidez, parâmetro de qualidade facilmente determinado em laboratórios por meio de titulação e uso de equipamentos e reagentes de baixo custo.

A titulação, análise volumétrica ou volumetria é uma técnica utilizada para determinar a quantidade (concentração) de uma substância em uma solução. Ela baseia-se na medida do volume de duas soluções que reagem entre si, em que uma apresenta concentração previamente conhecida, atuando como padrão de medida e a outra contém a espécie de concentração desconhecida, que se deseja determinar. A solução padrão geralmente é adicionada gota a gota (com o uso de uma bureta) à solução de concentração desconhecida, presente em um Erlenmeyer, com a presença de um indicador (ALBUQUERQUE, 2020, p. 52) que determina o ponto final da análise. Mostra-se, assim, como uma técnica simples, barata, de fácil e rápida execução, com inúmeras aplicações na determinação da concentração de substâncias e possibilidade de uso até mesmo na determinação de qualidade de produtos industrializados.

2 Método

Essa pesquisa é realizada por meio de um estudo de revisão bibliográfica exploratória em que foram utilizados os termos “vinagre”, “acidez”, “titulação”, “controle de qualidade”, “qualidade”, “vinegar” “*quality control*”, “*titration*” e “*acidity*”, associados aos operadores lógicos “AND” e “OR” / “e” e “ou”, para relacionar e somar os termos, respectivamente. A pesquisa foi limitada a artigos em língua portuguesa e inglesa e realizada nas bases de dados eletrônicas PubMed, ScienceDirect e SciELO, e compreendeu artigos publicados nos últimos cinco anos.

3 Resultados e Discussão

O Quadro 1 descreve de forma sucinta os temas tratados pelos artigos utilizados neste estudo.

Quadro 1. Distribuição dos temas utilizados nesta revisão, de acordo com a amostra, análise, local e fonte.

Amostras	Análise	Local	Autores /Ano
Cinco amostras comerciais de vinagre de álcool, sendo uma com aroma de limão	Fita universal e de phmetro digital	Rolim de Moura, RO	JUVINO <i>et al.</i> , 2016
Cinco amostras comerciais de vinagre de maçã	Análise titulométrica	Paraíso, TO	SOUSA <i>et al.</i> , 2017
Seis amostras comerciais de vinagres de álcool	Análise titulométrica	Castanhal, PA	MINDELO <i>et al.</i> , 2019
Nove amostras comerciais de vinagres - sete de álcool (quatro sem cor e três coloridos artificial.), um de maçã e um de vinho tinto	Análise titulométrica	Brasil	LIMA <i>et al.</i> , 2020
Quatro amostras de vinagres: caju, arroz, vinho tinto e maçã	Não informado	Não informado	BRAGA <i>etal.</i> , 2020

Fonte: os autores.

Apenas uma (3,45%) das 29 amostras analisadas apresentou teor de acidez inferior a 4% (3,1%). Embora a maior parte das amostras tenha apresentado acidez um pouco acima deste valor, uma das amostras apresentou teor de 12,7%, cerca de três vezes superior ao determinado pela legislação.

Juvino *et al.* (2016) analisaram a acidez de cinco amostras comerciais de vinagres obtidos em Rolim de Moura, RO, por meio do uso de fita universal e de phmetro digital, e verificaram que os resultados com maior exatidão foram obtidos por meio do uso do equipamento e que todas as amostras apresentaram o teor mínimo de 4,0% de acidez, conforme legislação. Por outro lado, nenhuma amostra apresentou o teor de acidez

mencionado em seus rótulos (5,0%), havendo variação entre 15% a 19% de acidez acima do valor descrito. Este fato aponta para ausência ou problemas no controle de qualidade, e que podem resultar em alterações no sabor quando consumidos.

Sousa *et al.* (2017) analisaram cinco amostras de vinagre de maçã comercializados na cidade de Paraíso, TO, objetivando verificar a qualidade dos produtos por meio de análise titulométrica. Os resultados obtidos demonstraram que a acidez dos produtos apresentou valores entre 4,0% a 4,62%, igual ou um pouco acima, mas em conformidade ao mínimo preconizado pela legislação.

Como a acidez volátil corresponde ao teor de ácido acético, que é o componente mais importante do vinagre, Mindelo *et al.* (2019) compararam a acidez de seis amostras de vinagres comercializados e aleatoriamente obtidas em Castanhal, PA. Por meio da análise titulométrica, observou-se que o teor acético de cinco amostras estava em conformidade com a legislação, sendo que apenas uma amostra apresentou teor de 3,1%, abaixo do mínimo legal (4,0%). A análise dos rótulos dos produtos indicou variações entre -22,5% a +12,5% em relação aos 4% preconizados pela legislação no teor de acidez das amostras analisadas. Os autores apontam que há fatores que podem interferir na fermentação acética dos vinagres, como o pH, a temperatura, espécie, linhagem e concentração de microrganismos (leveduras) no meio, sendo, desta forma, fatores que influenciarão na acidez do produto final.

Lima *et al.* (2020) apontam que há produtos industrializados no Brasil que não seguem rigorosamente o que é descrito nos seus rótulos e embalagens primárias, demonstrando assim falta de rigor no controle de qualidade físico-químico e o não cumprimento das boas práticas de fabricação. Os autores realizaram análise da acidez de nove amostras comerciais de vinagres de uso alimentício no Brasil por meio de titulometria (Farmacopeia Brasileira, 6ª ed.) e verificaram que, embora todas as amostras apresentassem valor mínimo de 4,0% preconizado por legislação, nenhuma das marcas continha a acidez apresentada nos rótulos, as quais variaram entre 10,0% a 217,0% acima dos valores declarados, o que pode indicar ausência de controle adequado de processos de fabricação e índices de acidez que poderão levar a alterações de sabor quando consumidos.

Braga *et al.* (2020) analisaram a qualidade de quatro amostras de vinagres produzidos a partir de fontes distintas de matérias-primas (caju, maçã, arroz e vinho tinto) e verificaram que todas as amostras apresentaram acidez maior que 4,0%, mas em conformidade com os padrões nacionais legais.

4 Conclusão

As análises quantitativas de acidez realizadas em vinagres comercializados em diferentes regiões do Brasil demonstraram uma amostra com valor inferior e várias amostras com valores superiores a 4% - valor estabelecido por normativa brasileira. A variação de acidez em relação ao demonstrado nos rótulos dos produtos podem levar a alteração nas características sensoriais percebidas ou não pelos consumidores, mas que estarão relacionadas à ausência ou problemas de controle no processo de fabricação e no controle de qualidade do produto final. Os fabricantes devem procurar aperfeiçoar os aspectos relacionados à produção e ao controle de qualidade de seus produtos para que não causem prejuízos ao consumidor e para que não sejam sujeitos a penalidades relacionadas às normativas brasileiras.

5 Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR) - *Campus Londrina*.

Referências

ALBUQUERQUE, A. R. **Química Experimental**. Guia de Laboratório. Instituto de Química - CCET/UFRN. 2020, 80 p.

BRAGA, B. M. A.; VIANA, L. F.; NEVES, G. L. A.; LEMES, J. M.; DUTRA, J. M. Avaliação físico-química e microbiológica em vinagres. **Anais** [material impresso] 9º Seminário científico sobre agricultura familiar 2020 / Eds.: BOAVENTURA, G. D'ÁVILA R.; de BORBA, M. M.; DA ROCHA, R. G. - Goiânia, GO: IF Goiano, 2020. 294 p., il.: color. p. 66-67. Disponível em: https://suap.ifgoiano.edu.br/media/documentos/arquivos/ANAIS_2020.pdf. Acesso em: 11 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa n.º 6 de abril de 2012**. Estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 4 de abril de 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-6-de-3-de-abril-de-2012.pdf/view>. Acesso em: 25 jul. 2021.

DESHMUKH, G.; MANYAR, H. Production pathways of acetic acid and its versatile applications in the food industry. **Intechopen**, [Online First],

219449007, 2020. Disponível em: <https://www.intechopen.com/online-first/72179>. Acesso em: 12 ago. 2021. Doi: 10.5772/intechopen.92289.

JUVINO, D. S.; ALMEIDA, J. P.; OLIVEIRA, V. P.; JUNIOR, H. L. Controle de qualidade de vinagres comercializados na cidade de Rolim de Moura – RO. **Revista Saberes**, Rolim de Moura, v. 4, n. 1, p. 87-95, 2016. Disponível em: <https://facsao paulo.edu.br/w-content/uploads/sites/16/2018/05/ed5/8.pdf>. Acesso em: 24 maio 2021.

LIMA, T. S.; PAIVA, L. C. C.; MUSLERA, V. S.; COELHO, T. B.; VIANA, A. A. S.; SOUZA, P. F.; BARROS, F. S. P.; OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, A. E. A.; GUSMÃO, R. S. Análise comparativa do teor de diferentes marcas de vinagres comercializadas no Brasil frente ao especificado no rótulo. **Revista Brasileira de Ciências Biomédicas**, v. 1 n. 3, p. 134-141, 2020. Disponível em: <https://rbcbm.com.br/journal/index.php/rbcm/article/view/32/31>. Acesso em: 24 maio 2021. Doi: <https://doi.org/10.46675/rbcm.v1i3.32>.

MINDELO, L. J. O.; GLINS, B. S.; FAVACHO, C. B.; GOMES, T. C.; ROCHA, A. Determinação por titulação do teor de ácido acético em vinagres comerciais coletados em Castanhal-PA. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRARIAS COINTER - PDVAGRO, 4., 2019. **Anais eletrônicos**. Recife: PDVAGRO, 2020. Disponível em: <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvagro/uploadsAnais2020/DETERMINA%C3%87%C3%83O-POR-TITULA%C3%87%C3%83O-DO-TEOR-DE-%C3%81CIDO-AC%C3%89TICO-EM-VINAGRES-COMERCIAIS-COLETADOS-EM-CASTANHAL-PA.pdf>. Acesso em: 24 maio 2021.

SOUSA, R. S.; SILVA, F. P.; RODRIGUES, F. M.; VIROLI, S. L. M. Avaliação físico-química de vinagres comercializados na cidade de Paraíso do Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57., 2017. **Anais eletrônicos**. Gramado: CBQ, 2017. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/10/11621-24503.html>. Acesso em: 24 maio 2021.

XIA, T.; ZHANG, B.; DUAN, W.; ZHANG, J.; WANG, M. Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented and functional food. **Journal of Functional Foods**, v. 64, 103681, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175646461930605X>. Acesso em: 24 maio 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103681>.

Análise de Glicerol Residual da Indústria de Conversão do Biodiesel para Aplicação em Processo Fermentativo

Fabio M. Cavalcante⁴⁰

Arnaldo M. R. Prata⁴¹

1 Introdução

Atualmente, a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais ou gordura animal vem sendo amplamente difundida, sendo que este, desde o ano de 2008, vem sendo incorporado ao diesel tradicional, oriundo do petróleo, para sua utilização como combustível de caminhões e de ônibus, principalmente. Inicialmente, a presença deste tipo de combustível renovável era pequena. No entanto, com a recente busca pelo uso de combustíveis renováveis em detrimento dos combustíveis fósseis existente, ela vem crescendo cada vez mais, sendo que, em 2010, estava na faixa dos 5% (VASCONCELOS, 2012). Em 2020, o percentual de biodiesel a ser misturado no diesel comum passou a ser de 12% (ESTADÃO, 2020).

No entanto, um dos subprodutos resultantes da produção deste combustível é o glicerol. Ainda segundo Vasconcelos (2012), o aumento da produção do biodiesel gera um problema: o destino que deve ter o glicerol formado e que acaba sobrando, uma vez que sua produção, de proporção de cem quilos para cada mil quilos de biodiesel, ou seja, aproximadamente 10%, também é aumentada.

Glicerol ou 1,2,3-propanotriol ou mesmo glicerina, quando na sua forma com 95% de pureza, é um poliálcool com três hidroxilas em sua estrutura e é uma substância incolor, viscosa, higroscópica, isto é, que absorve umidade, solúvel em água e álcool, pouco solúvel em éter, acetato de etila e dioxano e insolúvel em hidrocarbonetos (BARROS, 2006).

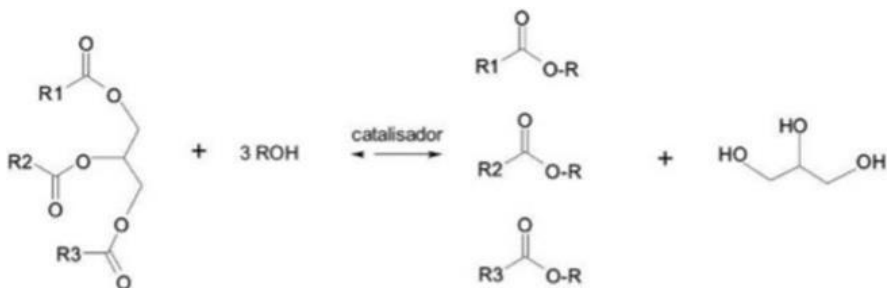
O glicerol produzido na reação de transesterificação de triglicerídeos e álcool (Figura 1), que é a reação utilizada na produção do biodiesel, segundo Barros (2006), contém diversos tipos de impurezas, como por exemplo água, alguns sais, ésteres, álcool e óleo residual. Isso faz

⁴⁰ Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo – EEL/USP. *E-mails*: fabio.mc@usp.br

⁴¹ Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo – EEL/USP. *E-mails*: amrprata@usp.br

com que a concentração efetiva do glicerol seja de aproximadamente 80% m/V com relação ao glicerol bruto obtido (VIEIRA *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2016). Esses tipos de substâncias presentes no glicerol residual causam a diminuição do seu valor agregado. Por essa razão, o acúmulo deste em grandes quantidades não é viável para as usinas de biodiesel.

Figura 1. Reação de transesterificação de triglicerídeos com álcool.



Fonte: os autores.

Dessa forma, uma das saídas encontrada é a conversão do glicerol em um produto com valor agregado maior, como mostram diversas pesquisas desenvolvidas no Brasil (VASCONCELOS, 2012). Segundo Pain *et al.* (2009), é possível identificar diversas aplicações para beneficiamento do glicerol no país, tendo em vista que existem muitas usinas de biodiesel e a maior parte delas está localizada nas mesmas regiões.

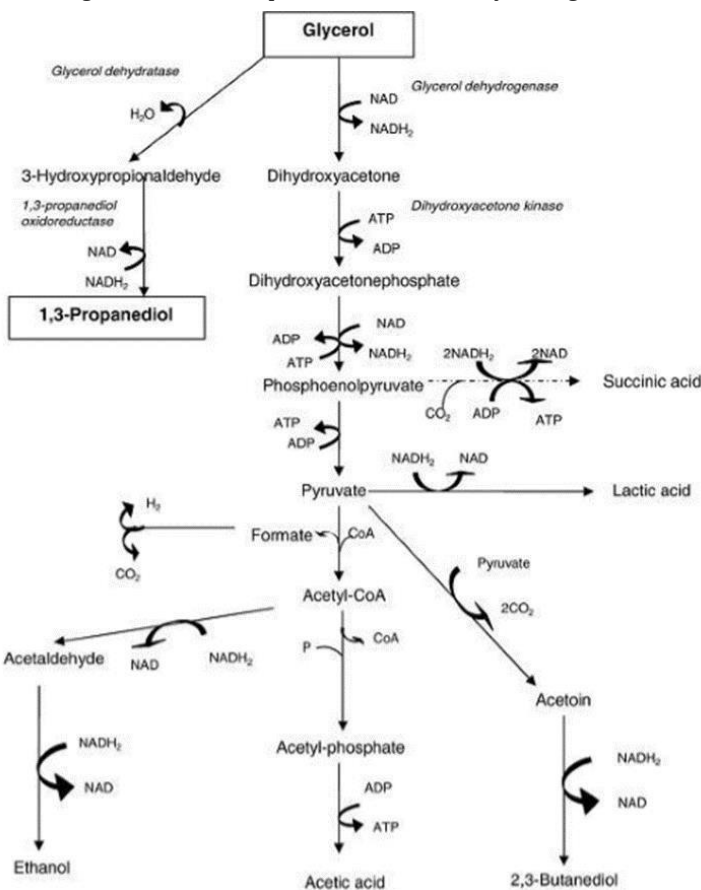
Uma das maneiras para suprir essa necessidade de conversão de glicerol em um produto de valor agregado é a utilização de um processo fermentativo. Isso porque o glicerol pode ser utilizado como fonte de carbono para a fermentação bacteriana e a conversão de, por exemplo, 1,3-propanodiol, um composto intermediário que pode ser aplicado na produção de polímeros sintéticos, como poliéster e poliuretano ou de resinas (VIEIRA *et al.*, 2008).

Outro produto que pode ser produzido é o 2,3-butanodiol, uma substância inodora e incolor, que é o principal produto da fermentação butileno-glicólica, e que apresenta um potencial para aplicação como intermediário em diversos processos químicos industriais (ALVES, 2021). Ele apresenta ponto de ebulição relativamente alto, em torno de 180°C, podendo ser utilizado como combustível, por apresentar um calor de combustão próximo ao do etanol, por exemplo. Além disso, diversas aplicações são encontradas na literatura, pois ele possui um grande potencial

como intermediário químico, principalmente quando se refere à substituição de derivados do petróleo (SANTOS, 2012).

O microrganismo utilizado na fermentação é capaz de sintetizar, entre outros compostos, o 2,3-butanodiol, por meio da fermentação do glicerol. As rotas bioquímicas são mostradas na Figura 2.

Figura 2. Rotas bioquímicas da fermentação do glicerol.



Fonte: Biebl *et al.* (2009).

2 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho foi o de caracterizar uma amostra de glicerol residual para analisar sua viabilidade em uso como meio fermentativo para a bactéria *Klebsiella oxytoca*.

3 Métodos

As amostras de glicerol residual foram obtidas da usina de biodiesel Bianchini, localizada em Canoas, no estado do Rio Grande de Sul. Com ela foi possível determinar a concentração de glicerol, concentração de cloreto de sódio e densidade. Por se tratar de uma amostra previamente tratada na usina, não foi necessário realizar um tratamento do glicerol residual para uso no presente trabalho.

3.1 Análise do glicerol residual

Primeiramente, foi utilizada a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) para a determinação da concentração efetiva de glicerol presente na amostra residual obtida. Foi utilizada a coluna Biorad Aminex HPX87H (300 x 7,8 mm) e detector IR, em cromatógrafo Waters. O eluente utilizado foi uma solução de ácido sulfúrico 0,01 N, a temperatura da coluna de 45°C e o volume de amostra igual a 20 µL.

Para a determinação da concentração de cloreto de sódio, foi utilizada a técnica de titulação de precipitação. Foi coletada uma massa de, aproximadamente, 2,5 g de glicerol residual em um béquer e diluída em 50 mL de água destilada. Essa solução foi transferida para um Erlenmeyer de 250 mL. Foi adicionado 1 mL de solução de cromato de sódio a 5% e foi titulado com solução padrão de AgNO₃ 0,05 mol/L até o surgimento de um precipitado vermelho pálido. Este procedimento de titulação de precipitação é padrão e já foi utilizado em estudos de caracterização de glicerol previamente por Lopes *et al.* (2014).

Por último, para se determinar a densidade da amostra, utilizou-se um picnômetro de 50 mL. Para isso, tarou-se a balança analítica com o picnômetro vazio, livre de impurezas e seco. Retirou-se sua tampa e preencheu-se o picnômetro até a borda com a amostra do glicerol residual. Depois, a tampa foi inserida cautelosamente para que o fluido subisse pelo seu capilar e o que transbordou dele foi limpaado com álcool etílico e papel absorvente. O valor da massa foi anotado e o procedimento foi realizado em duplicata. Com os valores obtidos, obteve-se o valor médio e, a partir dele, foi possível determinar a densidade da amostra, com base no volume de 50 mL do picnômetro.

3.2 Aplicação em processo fermentativo

Para os ensaios fermentativos, foi feito primeiramente um inóculo em incubadora de movimento recíproco, modelo SHAKER SL 222, da marca SOLAB, por aproximadamente dez horas, a 37°C e pH inicial 7,0 sob

agitação de 95 rpm. O meio utilizado foi o descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do meio utilizado.

Concentração de glicerol (g/L)	Concentração de NaCl (g/L)	Densidade (g/cm³)
772,5	77,59	1,38

Fonte: os autores.

Figura 3. Condução dos processos fermentativos em frascos agitados.



Fonte: os autores.

Foram coletadas amostras ao longo do processo para a determinação de concentração celular. A técnica utilizada foi a de turbidimetria. As células foram previamente separadas por centrifugação e, em seguida, colocadas em suspensão em solução salina 0,9%, com a diluição apropriada. Essa amostra diluída foi adicionada em cubeta própria, levada ao espectrofotômetro a 600 nm e foi feita a leitura da absorbância. Os valores obtidos foram utilizados em uma curva padrão previamente construída, que relacionava absorbância com concentração de células. Além disso, foi realizada a medida do pH das amostras coletadas em potenciômetro.

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise do glicerol residual

As características obtidas pelas análises descritas anteriormente, concentração de glicerol, concentração de cloreto de sódio e densidade são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades do glicerol residual.

Substância	Concentração (g/L)
K ₂ HPO ₄	0,69
KH ₂ PO ₄	1,3
(NH ₄) ₂ SO ₄	2,0
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2
Extrato de levedura	1,0
Glicerol PA	40

Fonte: os autores.

O meio utilizado no processo fermentativo teve a mesma composição descrita na Tabela 1, com a adição de tampão citrato de sódio (0,294 g/L) e ácido cítrico (0,21 g/L). Na utilização do glicerol, considerou-se o uso dele com alto grau de pureza (PA), a 40 g/L, e de glicerol residual na mesma concentração, a fim de comparar sua utilização. Os ensaios foram conduzidos por doze horas a 37°C, pH inicial igual a 6,7 e ajuste de pH com KOH 5M, e em frasco de 1L, utilizando a incubadora de movimento circular modelo INNOVA 4000, da marca New Brunswick Scientific (Figura 3).

O valor encontrado para a concentração de glicerol na amostra, 772,5 g/L ou 77,25% m/V, é satisfatório para os ensaios fermentativos, levando em consideração que se trata de uma amostra residual da indústria de biodiesel, conforme literatura (VIEIRA *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2016). Este resultado foi utilizado no momento de calcular a quantidade de glicerol a ser adicionada no meio para que correspondesse a uma concentração efetiva desejada.

A densidade, 1,38 g/cm³, também foi utilizada para estes fins de cálculo de concentração. Quando comparado ao valor teórico da densidade do glicerol PA, que é de 1,26 g/cm³, percebe-se que o encontrado para a amostra de glicerol residual foi superior. Isto já foi constatado por Santos (2012), cuja justificativa seria a presença de sais, como fosfato de sódio ou mesmo cloreto de sódio, que dissolvidos na amostra aumentam a densidade do glicerol.

Para o valor da concentração de cloreto de sódio, 77,59 g/L, que pode ser considerado relativamente alto para a amostra, foram necessários estudos posteriores da concentração deste sal no meio e seu efeito na fermentação para se dizer se eles seriam prejudiciais ou não.

4.1 Aplicação em processo fermentativo

Para a confirmação de que o glicerol residual utilizado não apresentava algum tipo de prejuízo ao processo, foi realizado um ensaio fermentativo com ajuste de pH a cada duas horas, utilizando glicerol PA e glicerol residual. Os resultados do crescimento celular são apresentados na Tabela 3.

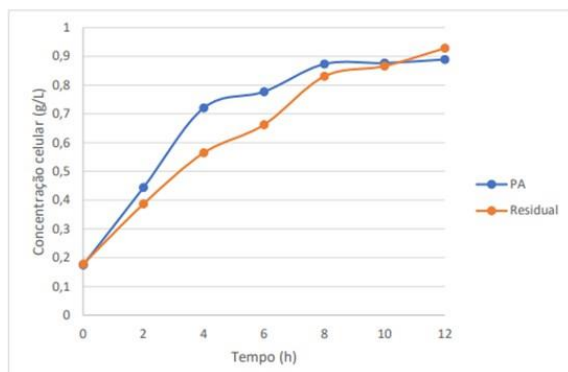
Tabela 3. Concentração de células no decorrer da fermentação com glicerol PA e glicerol residual.

Concentração celular (g/L)		
Tempo (h)	GlicerolPA	Glicerol residual
0	0,17	0,18
2	0,44	0,39
4	0,72	0,56
6	0,78	0,66
8	0,87	0,83
10	0,88	0,87
12	0,89	0,93

Fonte: os autores.

Com esses resultados, montou-se o gráfico apresetado na Figura 4. Como é possível observar, no início o crescimento aparenta ser mais rápido no meio com glicerol PA do que no com glicerol residual, sendo que no decorrer da fermentação estes vão se estabilizando. O que pode ter ocorrido neste caso é a existência de diferenças na leitura das absorbâncias ou apenas diferenças não estatisticamente significativas entre os dois experimentos. Como não foi realizado em triplicata, não foi possível realizar uma análise de variância neste caso, indicando uma igualdade ou não nas condições de fermentação utilizando glicerol residual ou com alto grau de pureza.

Figura 4. Crescimento celular em meio com glicerol PA e glicerol residual.



Fonte: os autores.

Além disso, o pH neste caso também apresentou comportamento muito parecido com o glicerol residual, indicando uma possível semelhança entre as condições dos meios nos dois casos. Os resultados das medidas de pH antes do ajuste estão apresentados na Tabela 4, com os valores numéricos obtidos. Foi considerado o valor de pH medido antes de ser ajustado até próximo da neutralidade, apenas para melhor visualização do seu comportamento no processo fermentativo.

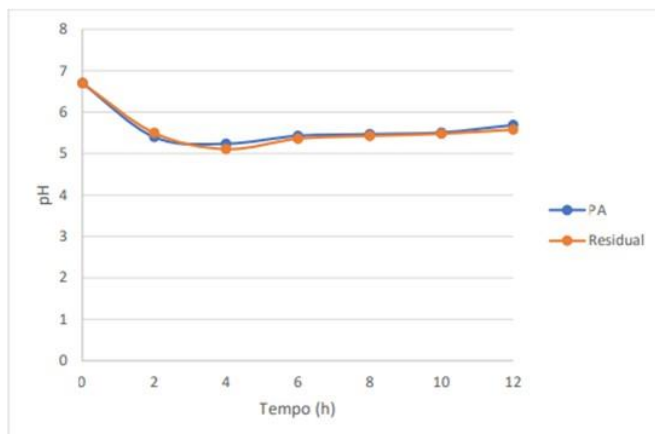
Tabela 4. Comportamento do pH no decorrer da fermentação com glicerol PA e glicerol residual.

pH		
Tempo (h)	GlicerolPA	Glicerolresidual
0	6,70	6,70
2	5,40	5,50
4	5,24	5,11
6	5,43	5,36
8	5,47	5,43
10	5,51	5,48
12	5,69	5,58

Fonte: os autores.

Com esses resultados, montou-se o gráfico apresentado na Figura 5.

Figura 5. Comportamento do pH em meio com glicerol PA e glicerol residual.



Fonte: os autores.

Assim, como pode-se perceber, os valores se mantiveram num comportamento similar, decaindo bastante nas primeiras horas de processo, atingindo o valor mínimo em ambos os casos com 4 h de processo, quando há intensa atividade celular, e recaindo menos com o passar do processo. A presença de ácido no meio neste caso é um indicativo do metabolismo de *Klebsiella oxytoca* (Figura 2), sendo que a ausência de queda do pH indica o fim da fermentação.

Conclusão

Conclui-se que o glicerol residual analisado apresenta propriedades que o tornam apto para ser utilizado como fonte de carbono em processos fermentativos, especialmente pela alta concentração de glicerol, e mesmo com uma quantidade de impurezas, como cloreto de sódio, estas não prejudicam o andamento do processo, como mostrado ao se conduzir processos tanto com o glicerol residual, quanto com glicerol com alto grau de pureza, tornando, assim, a matéria-prima viável para utilização.

Referências

ALVES, S. C. **Avaliação da produção de 2,3-butanodiol a partir de glicerol por *Klebsiella oxytoca* em diferentes condições de pH em frascos agitados.** 107 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Universidade de São Paulo – USP, Lorena, 2021.

BARROS, T. D. Glicerol. **Agência Embrapa de Informação**

Tecnológica, 2006. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1mqgo602wyiv802hvm3j818huet.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BIEBL, H. Fermentation of glycerol by *Clostridium pasteurianum* batch and continuous culture studies, **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 27, p. 18-26, 2001.

ESTADÃO. Percentual de 12% de biodiesel no diesel passa a valer a partir de 1º de março, 2020. Disponível em:
<https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/12-de-biodiesel-passa-a-valer/>. Acesso em: 10 dez. 2020.

LOPES, A. P. ET AL. Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. **Rev. Virtual Quim.**, 2014, 6 (6), 1564-1582. 2 nov. 2014.

PAIN, M.; WADOWINSKI, A. C.; MENEZES, W.; MARCELO, J.; DULLIUS, J.; LIGABUE, R.; EINLOFT, S. SEFERIN, M. Mapa da produção nacional de glicerina através da reação de transesterificação para obtenção do biodiesel. **X Salão de Iniciação Científica PUCRS**, 2009.

SANTANA, K. V; MORORÓ, M. C. C; MANHKE, L. C.; FREITAS, J. H. E. S.; NASCIMENTO, A. E. Glicerol residual da produção de biodiesel e suas aplicações industriais por vias químicas e biotecnológicas. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Campina Grande, Paraíba, 2016.

SANTOS, R. S. **Produção de 1,3-propanodiol e 2,3-butanodiol por *Klebsiella pneumoniae* a partir de glicerina residual proveniente da fabricação de biodiesel**. 132 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial), Universidade de São Paulo – USP, Lorena, 2012.

VASCONCELOS, Y. Resíduos bem-vindos: subproduto do biodiesel pode ser usado para suprir poeira de vagões de minério. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2012. Disponível em:
<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/06/14/residuos- bem-vindos/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

VIEIRA, T. M. F. S.; D'ARCE, M. A. B. R. Novos usos agregam valor à glicerina residual do biodiesel. **Fundação Agricultura Sustentável**, 2008. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-qualidade03.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Política Nacional de Resíduos Sólidos Alavancando a Sustentabilidade do Município de São Bernardo do Campo

Maria Gorette Fernandes⁴²

Sueli A. De Oliveira⁴³

Derval dos Santos Rosa⁴⁴

1 Introdução

Globalmente, a gestão efetiva de resíduos sólidos é uma preocupação econômica e de segurança humana. Nos últimos anos, os problemas associados à gestão de resíduos sólidos tornaram-se críticos, em especial nos países em desenvolvimento, devido à rápida urbanização e ao planejamento espacial deficiente das cidades. Para que os países em desenvolvimento cumpram a meta proposta para 2030 no ODS 11, que foca na promoção de cidades limpas e saudáveis, a participação ativa de governos, dos atores do setor privado e o apoio da cidadania serão fundamentais. Essa participação garantirá a sinergia e continuidade das ações focadas no atendimento das exigências técnicas, ambientais, financeiras e socioculturais relacionadas à gestão de RSU (GUERRERO, 2013). Melhorias significativas na gestão de resíduos e redução do impacto ambiental, em um programa de coleta seletiva porta a porta, foram evidenciados quando da maior participação dos cidadãos; a implementação de campanhas de sensibilização deve ser, assim, um dos principais temas das próximas políticas de resíduos sólidos (IBÁÑEZ-FORÉS et al., 2018).

No Brasil, conforme abordado por Lima (2013) a gestão dos resíduos sólidos tem contado com a participação ativa do Estado já por um longo tempo, especialmente por meio da adequada formulação de Regulamentos. A Lei 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010, foi elaborada para atender às expectativas sociais e à necessidade de um marco regulatório para a gestão de RSU no cenário atual, considerando as

42 Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do ABC. *E-mail:* gorette.fernandes@ufabc.edu.br

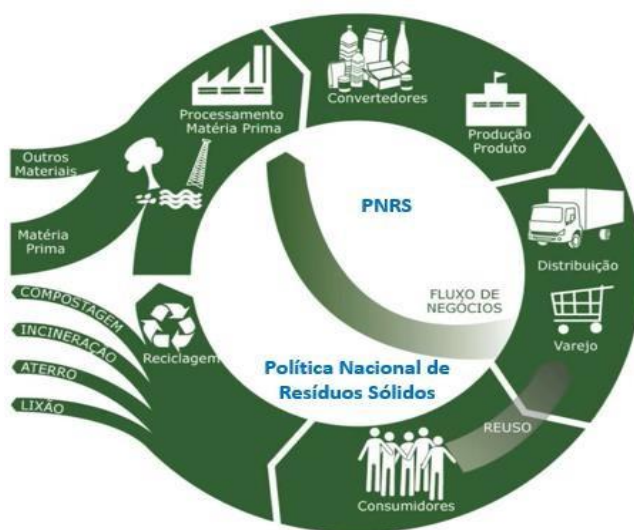
43 Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do ABC. *E-mail:* sueli.oliveira@ufabc.edu.br

44 Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do ABC. *E-mail:* derval.rosa@ufabc.edu.br

dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com a premissa de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). Ela regula “[...] princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relacionadas à gestão integrada de resíduos sólidos e perigosos, para as responsabilidades dos geradores de resíduos e do governo e para os instrumentos econômicos relevantes”

Essa ampla lei define a seguinte ordem de prioridades para lidar com resíduos sólidos urbanos: a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme detalhado na Figura 1. A lei também define e incentiva os Planos Municipais de Integração da Gestão de Resíduos Sólidos para a administração municipal e os Planos de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos que a eles se relacionam, para o setor privado.

Figura 1. PNRS abrangendo toda a Gestão de Resíduos Sólidos.



Fonte: adaptado de Rose (2017).

O inciso V da Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu artigo 30, define que a gestão de resíduos sólidos urbanos é responsabilidade das prefeituras. Portanto, o município tem que propiciar a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final desses resíduos de uma maneira ambientalmente correta. A Lei Nacional do Consórcio Público – Lei 11.107/2005 e a Lei Nacional de Saneamento Básico - Lei 11.445/2007 formalizam um novo sistema legal, que induz formatos associativos e

diferentes modelos institucionais. Entre eles, aqueles que visam à implementação de aterros e Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), a concessão comum ou a adoção de parcerias público-privada (PPP) estão incluídos.

Apesar do prazo estipulado pela PNRS para o encerramento da disposição inadequada de rejeitos no Brasil ter finalizado em 2014, ainda há cerca de 3.000 lixões em aproximadamente 1.600 municípios brasileiros. Os municípios de pequeno e médio porte são os que demandam maior atenção, em virtude do aumento do déficit da prestação de serviço de coleta de resíduos nos últimos anos (BRASIL, 2019). Segundo Ventura (2020), esses municípios são os mais desprovidos de recursos financeiros e têm falta de pessoal técnico qualificado para realizar a gestão de RSU. Além disso, a escassez de áreas para implantação de aterros sanitários tem elevado os custos para destino adequado de RSU devido à busca de áreas apropriadas que, na maioria das vezes, localizam-se mais distantes dos centros urbanos. Essas dificuldades operacionais podem ser minimizadas com a gestão compartilhada, a qual foi inserida pela Constituição Federal de 1988, ao estabelecer consórcios públicos e convênios de cooperação como mecanismos para resolver o problema dos RSU (BRASIL, 1988). Em 2005, com o advento da Lei Federal 11.107, o consórcio público tornou-se uma das alternativas para descentralizar a prestação de serviços em saneamento (BRASIL, 2005; 2007). A PNRS deixa claro o incentivo à gestão compartilhada. Em seu artigo 54, originalmente, determinava que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deveria ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei (2010), o que significava 2014.

Com a promulgação, em 15 de julho de 2020, da lei 14.026 que estabelece o Marco Legal do Saneamento Básico, esse prazo concedido aos municípios para a disposição final ambientalmente adequada foi alterado, porém, favorecendo somente àqueles municípios que até 31 de dezembro de 2020 tenham elaborado um Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos ou um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; é necessário, ainda, que estes disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

- Até 2 de agosto de 2021 para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana ou de Região Integrada de Desenvolvimento de capitais;
- Até 2 de agosto de 2022 para municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a

menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

- Até 2 de agosto de 2023, para municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010;
- Até 2 de agosto de 2024, para municípios com população inferior a 50.000 (cinqüentamil) habitantes no Censo de 2010.

Outra medida que fortalecerá o monitoramento da implementação da PNRS é a obrigatoriedade do reporte dos dados municipais no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), conforme estabelecido e publicado no Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) (BRASIL 2020). Desta forma, os municípios geradores de resíduos sólidos ficarão, a partir do dia 1º de janeiro de 2021, obrigados a utilizar o MTR (ferramenta online, auto declaratória e emitida pelo SINIR), para declarar a movimentação e destinação de resíduos em todo o território nacional.

O município de São Bernardo do Campo (SBC), objeto deste estudo, está localizado na região metropolitana da cidade de São Paulo, na região sudeste, que é a que mais contribui para a geração nacional de RSU (49,88%). Conta com uma população de 765.463 habitantes (IBGE 2017) vivendo parte em áreas urbanas, parte em áreas rurais e parte em áreas de mananciais. Este cenário torna a gestão de RSU um desafio ainda maior. Atualmente existem dois tipos principais de coleta dos resíduos: a coleta comum e a coleta seletiva. A coleta comum ou convencional é realizada por caminhões equipados, que passam na porta das casas e transportam tudo o que é coletado para um aterro sanitário localizado no município de Mauá (SP). No aterro sanitário, os rejeitos recebem cobertura de terra diariamente, sendo compactados em camadas ou células de tratamento, porque o aterro sanitário é também um sistema de tratamento que deve ser monitorado. Já a coleta seletiva consiste em um serviço diferenciado, realizado uma ou duas vezes por semana (dependendo do bairro). Trata-se de uma coleta específica, realizada por cooperativas de coleta ou catadores autônomos, para recolha dos resíduos recicláveis (papel, papelão, plásticos, metais e outros), que são enfardados e posteriormente vendidos para empresas recicladoras, nas quais é realizada a reciclagem, um processo de transformação industrial do material reciclável em um novo produto (PMGIRSSBC 2015).

A gestão de RSU tem sido caracterizada como uma atividade complexa e que exige intersetorialidade na gestão, ou seja, o envolvimento das diversas secretarias municipais, como Meio Ambiente, Saúde,

Educação, Assistência Social, entre outras. Além de necessitar de uma constante fiscalização dos serviços prestados, é dependente da disponibilidade de recursos financeiros. Isso traz a necessidade de uma análise sistêmica da gestão envolvendo as cinco dimensões definidas na PNRS, ou seja, política, econômica, ambiental, cultural e social. É importante criar “ferramentas” de avaliação e, principalmente, indicadores para cada dimensão, sendo essa a única maneira possível de determinar se a coleta seletiva é instrumento de política nacional eficaz; além disso, os indicadores são essenciais para qualquer sistema de gestão. Dada a escassez de estudos mapeando o estado da arte da convergência entre o que é preconizado na legislação vigente e a efetividade da sua implementação, bem como os empecilhos a sua viabilização, este trabalho visa contribuir para o preenchimento desta lacuna e apoiar ações estratégicas de gestão dos RSU no município SBC.

2 Objetivo

Avaliar a contribuição do Estado na construção de instrumentos que viabilizam a implementação e manutenção dos princípios previstos pela PNRS, favorecendo assim a sustentabilidade na gestão dos RSU do município de São Bernardo do Campo.

3 Métodos

Como metodologia desse projeto serão realizadas: a) análises documentais; b) entrevistas semiestruturadas; c) observação direta com registros (áudios, fotos, vídeos e coletas de dados) junto ao poder público do município de São Bernardo do Campo, que representa o público-alvo da pesquisa. Essa metodologia levará em conta as cinco dimensões consideradas na PNRS. A pesquisa qualitativa a ser utilizada na presente investigação deverá ser de natureza aplicada, a qual, segundo Gil (2007), objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Ainda, segundo o autor, essa modalidade de pesquisa tem caráter exploratório, de modo a proporcionar maior familiaridade com o tema, com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

3.1 Análise documental

Para a realização do estudo primeiramente será realizada pesquisa bibliográfica, com foco no Poder Público, levantando os documentos publicados e disponibilizados pela Prefeitura de São Bernardo do Campo, por meios físicos ou eletrônicos, relativos ao atendimento aos requisitos da

PNRS. São eles:

- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), cuja revisão é realizada a cada 10 anos;
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) do estado de SP;
- Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS);
- Dados de SBC no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR).

3.2 Contato com representantes do poder público

As entrevistas semiestruturadas serão inicialmente conduzidas junto a representantes das Secretarias Municipais do Meio Ambiente e Proteção Ambiental, Serviços Urbanos, Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia e a Secretaria da Educação. As questões norteadoras das entrevistas contemplarão: o alinhamento do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), do município, revisado a cada 10 anos, com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) do estado de SP; a existência da Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS); o reporte de dados no Sistema Nacional de Informações sobre os Resíduos Sólidos (SINIR); o planejamento e prática da educação ambiental no município; o apoio à gestão das cooperativas de catadores de resíduos; a estruturação, comunicação e fomento à coleta seletiva.

3.3 Avaliação de dados coletados

3.3.1 Avaliação qualitativa

Após a realização da análise documental e dos contatos com o poder público, via entrevistas, o método de análise deverá considerar os fatores (positivos, negativos, internos e externos) referentes à adesão aos princípios da PNRS no município de São Bernardo do Campo para a elaboração de uma matriz SWOT.

Por fim, a utilização de uma matriz 5W2H para avaliar as ameaças e fraquezas referenciadas no SWOT.

3.3.2 Avaliação quantitativa

Uma avaliação quantitativa será conduzida no tratamento dos dados obtidos a partir das entrevistas com as secretarias do setor público. Serão geradas estatísticas para que a proposta dos planos de ação possa ser customizada, de acordo com as necessidades específicas identificadas.

4 Resultados

Da etapa de análise documental é esperada uma estruturação extremamente robusta dos aspectos de integração de todos os atores envolvidos na gestão de RSU, incentivo às estratégias de promoção à reciclagem e às cooperativas, estruturação de planos de gestão, suportes fiscal e econômico, fiscalização, licenciamento, recuperação de áreas órfãs de deposição dos resíduos, entre outros aspectos da PNRS. Uma síntese dos papéis atribuídos ao Estado, na promoção da aplicação da PNRS, é apresentada na Quadro 1.

Quadro 1. Resumo de papéis atribuídos ao ator Estado na aplicação da PNRS.

Da Política Nacional de Resíduos Sólidos	
I – Disposições Gerais	Estabelece o Estado como um dos atores.
II – Dos Princípios e Objetivos	Cooperador na integração das esferas pública, privada e da sociedade; corresponsável na PNRS; assegurador de direitos; incentivador a reciclagem e às cooperativas; combatente do desperdício
III – Dos Instrumentos	Principal responsável pelos planos de resíduos sólidos; incentivador fiscal, financeiro e de crédito
Das Diretrizes Aplicáveis aos Resíduos Sólidos	
I – Disposições Preliminares	Promotor da Gestão Integrada; fiscalizador; informante aos órgãos responsáveis
II – Dos Planos de Resíduos Sólidos	Elaborador do plano (Nacional/Estadual/Municipal).
III – Das Responsabilidades dos Geradores e do Poder Público	Corresponsável em assegurar a observância da PNRS e na operacionalização para implementação. Solucionador em eventos lesivos. Incentivador econômico
IV – Dos Resíduos Perigosos	Coordenador do Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos; licenciador ambiental; descontaminador de áreas órfãs
V – Dos Instrumentos Econômicos	Fomentador às iniciativas com as finalidades articuladoras à PNRS
VI – Das Proibições	Deliberador para queima de resíduos, quando decretada emergência sanitária

Fonte: Lei Federal nº 12305/2010. Adaptado de Cavalheiro (2019)

5 Discussão

Conforme abordado por Cavalheiro (2019), como estratégia à gestão integrada, o Estado pode realizar a instituição de medidas indutoras e de fomento para iniciativas de prevenção e redução da geração de resíduos sólidos no processo produtivo. Neste sentido, é possível conceder incentivos fiscais, financeiros ou de crédito para reutilização e/ou tratamento de RSU; bem como apoiar projetos em parceria com as cooperativas (BRASIL, 2010).

As soluções com ações voltadas para as cinco dimensões estabelecidas pela PNRS (política, econômica, ambiental, cultural e social) devem incluir ações voltadas para a educação ambiental, o atendimento às demandas de logística reversa, a organização da coleta seletiva, a melhoria na renda de catadores, a organização de cooperativas, a destinação adequada de resíduos a baixo custo e a adequação do município à legislação.

6 Conclusões

A observação rigorosa, pelo poder público, das ações preconizadas pela PNRS, conduz a ações sinérgicas - e inequivocamente eficazes - na eliminação das estruturas de disposição de RSU a céu aberto, com o envolvimento indispensável e urgente de todos os atores sociais envolvidos. A continuidade das investigações aponta para a identificação de atividades já executadas ou em implementação por diferentes atores da cadeia da gestão de RSU no município, porém não necessariamente interconectadas (o que pode impactar severamente na velocidade da verificação dos resultados isolados), oportunidades de redesenho de estratégias com inspiração na ecologia industrial, para potencialização dos resultados e eficácia na eliminação destes espaços inadequados de destinação de RSU.

Referências

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. PNRS - Diário Oficial da União, Brasília, 3 de agosto de 2010.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Estabelece o Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília 16 de julho de 2020.

BRASIL. Legislação Federal - A Portaria n. 280/2020, publicada no dia 30 de Junho de 2020 no Diário Oficial da União, trazendo a regulamentação e

instituindo o Manifesto de Transporte de Resíduos.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2017. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>. Acesso em: 26 fev. 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988.

BRASIL. Lei nº 11. 445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

CAVALHEIRO, A.R.R.; GAZOLLA, M.; MARINI, M.J. Tecnologia Social: contribuições à Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Tecnologia e Sociedade**. Curitiba, v. 15, n. 38, p. 58-74, out/dez. 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/8458>

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, Issue 1, p. 220-232, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>, 2013.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; BOVEA, M. D.; COUTINHO-NÓBREGA, C.; MEDEIROS-GARCÍA, H. R.; BARRETO-LINS, R. (2018). Temporal evolution of the environmental performance of implementing selective collection in municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. **Waste Management**, V. 72, 2018, p. 65-77, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.027>.

LIMA, R. M. S. R.; SILVA, S. M. C. P. Evaluation of a municipal program of selective collection in the context of the national policy of solid waste. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 645-653, Oct.-Dec. 2013.

ROSE, R. Gestão de resíduos, qual o futuro? **Sustentabilidade - Gestão da Inovação Social**, 2017.

VENTURA, K. S.; SUQUISAQUI, A. B. V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 333-

349, jan./mar. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100378>

A plasticidade neural e o grafeno

Gustavo Faria da Silva⁴⁵

Marcos Alexandre Fernandes⁴⁶

Introdução

Diferente do que se pensava no passado, as células do sistema nervoso não são imutáveis. Pelo contrário, elas possuem plasticidade. A neuroplasticidade, também conhecida como plasticidade neuronal, chegou a um ponto em que se pode dizer que a mesma é o mecanismo pelo qual o cérebro codifica a experiência e aprende novos comportamentos.

Acredita-se que a plasticidade neural seja a base para o aprendizado no cérebro intacto e a reaprendizagem do cérebro danificado, que por sua vez ocorre por meio da reabilitação física. A crescente compreensão da natureza da plasticidade cerebral aumenta o otimismo no sentido de que esse conhecimento possa ser aproveitado para melhorar os esforços de reabilitação e para otimizar o resultado funcional. (KLEIM; JONES, 2008, p. 225).

Em 2008, foi publicado um valioso artigo no *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, no qual foram descritos os dez princípios dependentes de experiência da plasticidade neural: Implicações para reabilitação após dano neural, que serão elencados a seguir.

Princípio 1: Use ou perca. Diz que os circuitos neurais que não estão ativamente envolvidos no desempenho da tarefa por um longo período começam a degradar-se. Isso foi demonstrado pela primeira vez por Hubel e Wiesel (1960, p. 1041). Na década de 1960, em seus experimentos de privação visual, eles descobriram que “privar da luz o olho de um gatinho reduziu o número de neurônios no córtex visual”. Sequencialmente, Fífkova (1969, p. 285) estendeu a descoberta no córtex adulto, que também mostrou que “a redução nas respostas neuronais à luz foi acompanhada por uma diminuição nos números de sinapses”.

⁴⁵ Discente de graduação em Engenharia de Controle Automação – IFSP – campus Bragança Paulista. E-mail: g.faria@aluno.ifsp.edu.br

⁴⁶ Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais. Discente em Fisioterapia Universidade São Francisco - USF. Docente no IFSP - campus Bragança Paulista. E-mail: marcos.alexandre@ifsp.edu.br.

Princípio 2: Use e melhore. Vários estudos mostraram como a plasticidade pode ser induzida dentro de regiões cerebrais específicas por meio de treinamento prolongado. Nudo et al (1996, p. 2144) e Recanzone et al. (1992, p. 1071) perceberam que as melhorias sensoriais e motoras, após treinamento de habilidades, são acompanhadas por profunda plasticidade dentro do córtex cerebral.

Princípio 3: Especificidade. Segundo Cahill et al. (1996, p. 81): “Em muitos estudos, aprendizagem ou aquisição de habilidades, ao invés de mero uso, parece ser necessário para produzir mudanças significativas nos padrões de conectividade neural”. Remple et al. (2001, p. 133) também perceberam “mudanças cerebrais induzidas pelo aprendizado e também mudanças regionais de especificidades”.

Princípio 4: Repetição é importante. Segundo Monfils et al. (2004, p. 329):

Envolver um circuito neural no desempenho da tarefa não é suficiente para conduzir a plasticidade. Repetição de uma tarefa de um circuito neural, recém aprendido (ou reaprendido), pode ser necessário para induzir mudanças neurais, por exemplo, ratos treinados em uma experiente tarefa de alcance não mostraram aumento na força sináptica.

Princípio 5: Intensidade é importante. Segundo Lisman et al. (2005, p. 839) “A estimulação de baixa intensidade pode induzir um enfraquecimento de respostas sinápticas (depressão de longo prazo), enquanto para maior intensidade de estimulação, maior será a indução do um potencial ao longo prazo”.

Princípio 6: O tempo é importante. Jones et al. (1996, p. 142) consideram que

Diferentes formas de plasticidades ocorrem em momentos distintos da terapia. O resultado dessa plasticidade parece preceder e até mesmo depender de outros. A relevância pode depender de quando o foco de análise é direcionado ao cérebro, por exemplo, durante o treinamento de habilidades motoras, a expressão gênica precede a formação de sinapses.

Princípio 7: Importância da Saliência. Segundo Weinberger (2004, p. 279):

Para que um organismo funcione efetivamente, deve haver um sistema em vigor para pesar a importância de qualquer dada experiência, de modo que possa ser codificado. Pesquisar usando tons

auditivos como estímulos de condicionamento clássico forneceu evidências para tal sistema e demonstrou que a plasticidade dentro do córtex auditivo é dependente da saliência da experiência.

Princípio 8: A idade é importante. De acordo com Pitcher et al. (2003, p. 605): “A plasticidade é o mecanismo pelo qual o cérebro compensa o envelhecimento”.

Princípio 9: Transferência. Peinemann et al. (2004, p. 1519) consideram que transferência:

Refere-se à capacidade de plasticidade dentro de um conjunto de circuitos neurais para promover simultânea ou subsequente plasticidade. Este fenômeno foi recentemente demonstrado no córtex motor humano com aprendizagem e habilidades. O treinamento em uma tarefa de movimento de dedos finos induz um aumento na excitabilidade, que pode ser induzida através da aplicação de estimulação magnética transcraniana repetitiva ao córtex motor.

Princípio 10: Interferência. De acordo com Butefisch et al. (2004, p. 2110):

A plasticidade neural geralmente tem uma conotação favorável quando descrito no contexto de recuperação de função. No entanto, a plasticidade pode impedir a mudança [...], interferência refere-se à capacidade de plasticidade dentro de um determinado circuito neural para impedir a indução de novo, ou expressão do existente, plasticidade dentro desse mesmo circuito.

Grafeno

O grafeno é uma das formas cristalinas do carbono, assim como o diamante, o grafite e os nanotubos de carbono. Esse material pode ser considerado tão ou mais revolucionário que o plástico e o silício. Ele é o material mais forte e leve que existe, além de quase transparente, excelente condutor de calor e de eletricidade. Consiste em uma folha plana de átomos de carbono, único material de duas dimensões conhecido atualmente. Foi descoberto pelos pesquisadores Andre Geim e Konstantin Novoselov, da Universidade de Manchester, em 2010. Esses pesquisadores ganharam o prêmio Nobel de Física por perceberem as diversas possibilidades de aplicação desse material na rotina diária. (MANNOOR; TAO, 2012, p. 225)

Esse material chega a ser 100 vezes mais resistente que o aço e melhor condutor que o silício. Tem excelentes propriedades ópticas, pode

ser utilizado em placas fotovoltaicas, montagem de baterias e, até mesmo, em membranas para a filtragem da água, tudo isso com eficiência muito maior que os materiais atualmente empregados para tais funções. Com esse material, os celulares, por exemplo, provavelmente serão finos como uma folha de papel transparente, a bateria manterá o funcionamento por uma semana e serão cerca de 100 vezes mais eficientes no processamento de dados do que os atuais aparelhos.

A versatilidade e combinação destas aplicações dão ao material um potencial para inaugurar novas plataformas tecnológicas em diversos campos do conhecimento e da indústria, com importantes impactos sociais, econômicos e ambientais. Assim, a produção do grafeno passa por um acelerado processo de desenvolvimento.

Os dois principais métodos de produção são a esfoliação da grafita e a deposição química a vapor (*Chemical Vapour Deposition* – CVD). A esfoliação consiste na delaminação do grafite de fonte mineral, com a ruptura das ligações intermoleculares. Devido aos recursos empregados (estresse mecânico, altas temperaturas, aditivos químicos, dentre outras variantes) e sua natureza de “desconstrução química”, trata-se de um processo mais difícil de controlar, que produz uma distribuição de flocos de grafenos de variadas dimensões e números de camadas, as quais, inclusive, podem variar de batelada para batelada. Por outro lado, trata-se de uma rota de produção mais barata entre as estabelecidas e de escalonamento mais simples. Uma rota que pode ser relacionada com a esfoliação química é a redução química ao óxido de grafite. Nesse método, busca-se primeiramente a oxidação do grafite para melhorar o rendimento do processo posterior de esfoliação. As aplicações mais imediatas do grafeno nesse estado e já encontradas na indústria são em compósitos, tintas, recobrimentos e materiais condutores.

Outras abordagens são as rotas que buscam sintetizar grafeno a partir de fontes de carbono. A principal é a deposição química a vapor (*Chemical Vapour Deposition* - CVD). Nessa técnica, utiliza-se uma mistura de gases em alta temperatura sobre um metal catalisador (normalmente Níquel ou Cobre). Dentre esses, há a presença de um gás precursor do carbono (normalmente um hidrocarboneto comum, tal qual o metano), que tem suas ligações quebradas na superfície do metal, sendo adsorvido por este, formando um filme fino.

Nesse processo é possível produzir áreas relativamente grandes de filmes (já na escala do m²), sendo o maior desafio a transferência do material para outros substratos, o que exige manipulações ou outros processos químicos complexos e custosos. O alto custo energético também é uma questão para o escalonamento desta rota de produção. Um grande avanço

tecnológico seria o aprimoramento desse método para o crescimento de grafeno em diversas superfícies, permitindo sua melhor integração com outros materiais e, assim, a compatibilização de diferentes tecnologias em um mesmo dispositivo. (KAWAMOTO et al, 2018, p. 2365)

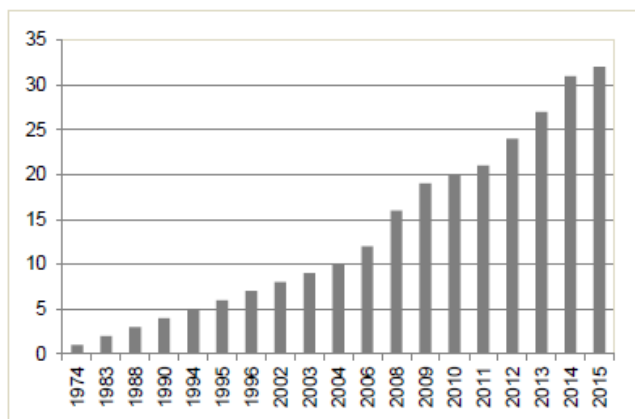
Grupos de pesquisas sobre grafeno no Brasil

Para se ter uma ideia sobre as pesquisas relacionadas ao grafeno no Brasil, foi realizado um levantamento na página do Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao buscar-se o termo “grafeno” no campo “grupo de pesquisa”, foram encontrados apenas dois grupos da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Um grupo é sediado em Minas Gerais, no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN e o outro em São Paulo, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Quando a busca do termo “grafeno” foi feita no campo “linha de pesquisa” obteve-se 32 resultados. E buscando “grafeno” por “palavra-chave” esse número aumentou para 97.

De posse desses resultados, foi possível analisar a evolução da criação dessas linhas de pesquisa no país. Na Figura 1 pode-se observar o aumento no número de linhas de pesquisa associadas ao grafeno, em função do ano de criação, desde a primeira em 1974, na Unicamp, até a trigésima segunda, em 2015. Todas elas possuem trabalhos que abrangem desde a iniciação científica até pesquisas de doutorado.

Figura 1. Evolução do n.º de linhas de pesquisa no Brasil associadas ao grafeno.



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa – CNPq (Acessado em novembro de 2020).

Dentre as 32 linhas de pesquisa, o estado que detém o maior índice é Minas Gerais (25%), seguido de São Paulo (21,9%). Com relação à área de conhecimento, a grande maioria está cadastrada como pertencente à Física.

Uma pesquisa realizada no portal *Web of Science*, com o termo “grafeno” no campo “título”, resultou em 526 publicações de pesquisadores de instituições brasileiras em periódicos nacionais e internacionais, desde 2010 (ano da primeira publicação registrada) a 2015. Desde então, ocorre um aumento do número dessas publicações ao longo dos anos e uma grande distribuição de resultados nas diversas áreas de conhecimento.

Apesar do grande número de universidades que possuem grupos com linhas de pesquisas em grafeno, e das publicações dos últimos anos, as pesquisas são recentes e ainda pouco distribuídas e exploradas no país, fazendo com que instituições internacionais liderem a quantidade de publicações e depósitos de patentes relacionadas ao tema. (BRASIL, 2016-2022, p. 30)

Grafeno e plasticidade neural

A pergunta que cabe agora é a seguinte: Por que falar desse material em um texto que aborda plasticidade neural?

Além de todas essas propriedades e possibilidades, os nanotubos de óxido de grafeno são biocompatíveis. Assim, esse material pode ser utilizado no corpo humano sem que o mesmo apresente qualquer rejeição a ele. Esses nanotubos de grafeno podem ser empregados em bancos de tecidos, em processos de cicatrização de feridas e até no cérebro, como bioestimuladores.

O grafeno está sendo utilizado em pesquisas sobre o sistema nervoso central. Esses estudos abrem perspectivas para o tratamento de doenças como o Alzheimer, Parkinson e tumores cerebrais. Tal estratégia é de importância chave na medicina, visto que a liberação de drogas terapêuticas para o sistema nervoso central também permitiria a redução na quantidade dos fármacos utilizados nos tratamentos, o que minimiza os possíveis efeitos colaterais.

Diante dessa grande oportunidade de pesquisa, inicia-se no IFSP - campus de Bragança Paulista um projeto que tem como objetivo conhecer, desenvolver e possivelmente aplicar o grafeno no tratamento de doenças neurodegenerativas, tais como Alzheimer, Parkinson, tumores cerebrais e possivelmente auxiliar na recuperação de pacientes após AVC – Acidente Vascular Cerebral, pois alguns estudos apontam que o óxido de grafeno

reduzido pode ser utilizado como carreador de fármacos. Para tanto, inicialmente serão estudadas as formas de reabilitação da neuroplasticidade em paciente após um AVC, para melhor entender os mecanismos.

É preciso compreender que a reabilitação para esses casos não irá curar a lesão no cérebro, pois, quando um neurônio morre, não existe substituição, diferentemente de quando ocorre a fratura de um osso ou um machucado na pele, em que novas células nascem para substituir as lesadas. Entretanto, nosso sistema nervoso tem a capacidade de adaptar-se a novos estímulos; outras partes do cérebro podem compensar parcialmente ou totalmente a função daquela área cerebral lesada. Assim, outros neurônios próximos podem ajudar, por exemplo, o braço a receber comandos para melhorar o movimento.

Há exercícios adequados que buscam capacitar o paciente para que ele apresente melhoras e progressões dentro da sua nova realidade. A recuperação é lenta, mas ela pode acontecer independentemente do tempo da lesão. A compreensão de que a melhora ocorre aos poucos, com paciência, determinação e coragem são fundamentais para ter resultados mais consistentes e expressivos.

É preciso aproveitar cada oportunidade para enviar estímulos ao cérebro, para que ele responda e se adapte através da neuroplasticidade. Não é o caso de se sobrecarregar com as terapias, mas, de todos os dias promover alguns esforços na própria rotina, que contribuam para a evolução do quadro.

Metodologia

Nesse primeiro momento: para compreender a neuroplasticidade e a evolução na recuperação de pacientes, após AVC, na reabilitação de sequelas na fala, deglutição, equilíbrio e força motora, por exemplo, será necessário para adquirir mais conhecimentos sobre as respostas a determinados estímulos. Algumas literaturas descrevem treinos funcionais relacionados à recuperação da neuroplasticidade para determinadas atividades diárias e ações no movimento que devem ser observadas: levantar e sentar, marcha, equilíbrio, entre outras.

Levantar-se e sentar: quais são os déficits comuns mais observados, quais são os comportamentos adaptativos (compensações)?

Marcha: a disfunção motora na lesão do neurônio motor pode ser devido à fraqueza ou paralisia, hiperreflexia, perda da destreza e capacidade de fracionar o movimento, gerando os déficits.

Alcance e Manipulação: a técnica Bobath tem por princípio inibição dos padrões reflexos anormais, o uso dos dois lados do corpo e facilitação do movimento normal. Na técnica Johnstone o objetivo da reabilitação é reduzir a incapacidade com que um paciente se depara e compreender as suas principais dificuldades após o AVC.

Equilíbrio: o que significa perder o equilíbrio, habilidade de manter uma postura, atividade muscular, controle dos segmentos do corpo, controle do alinhamento corporal em relação ao ambiente?

Acompanhar a recuperação de determinadas pessoas será o primeiro passo para que a observação e evolução dos pacientes para aprimoramento do trabalho

Considerações finais

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao grafeno pode promover a difusão de conhecimento técnico-científico numa área promissora, uma vez que as principais utilizações do grafeno se concentram em sistemas de geração e armazenamento de energia. Além do mais, pode também despertar a motivação em ampliar as investigações a respeito desse material e possibilitar estudos de outra natureza. Juntamente com os fatos citados, ainda existe a possibilidade de acompanhar uma tendência observada nos maiores centros de pesquisa internacionais, elevando cada vez mais a qualidade das pesquisas desenvolvidas no Brasil.

Fica claro que se trata de uma cadeia produtiva baseada em ciência. Dessa forma, o potencial de criação de valor e impacto do grafeno e seus materiais relacionados para a sociedade brasileira depende do sucesso do encadeamento entre diversos atores, principalmente a interação Institutos de Ciência e Tecnologia ICT-Empresa. Os ICTs têm o papel de garantir autonomia tecnológica, difusão do conhecimento e serviços técnicos especializados. Também será exigido destes uma capacidade gerencial moderna, para que sejam capazes de se inserirem no desenvolvimento de novos modelos de negócios inovadores de base tecnológica. Já as empresas assumem os investimentos no desenvolvimento e escalonamento, sendo mais sensíveis às oportunidades de mercado, mas com suas decisões de inovação em ritmo dependente de alguma mitigação do alto risco tecnológico envolvido nesse tema.

Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC). **Estratégia nacional de ciência, tecnologia**

e inovação: 2016-2022: ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento econômico e social. Brasília: MCTIC, 2016. Disponível em:

http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM_PUBLICACOES/encti_2016-2022.pdf. Acesso em: 16 ago. 2021.

BÜTEFISCH, C. M.; KHURANA, V.; KOPYLEV, L., & COHEN, L. G. Enhancing encoding of a motor memory in the primary motor cortex by cortical stimulation. **Journal of Neurophysiology**. 2004, 91, p. 2110–2116.

CAHILL, L., & McGAUGH, J. L. The neurobiology of memory for emotional events: Adrenergic activation and the amygdala. **Proceedings of the Western Pharmacology Society**. 1996, 39, p. 81–84.

FIFKOVA, E. The effect of monocular deprivation on the synaptic contacts of the visual cortex. **Journal of Neurobiology**. 1969, 1, p. 285–294.

HUBEL, D. H., & WIESEL, T. N. Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint. **Journal of Neurophysiology**. 1965, 28, p. 1041–1059.

JONES, T. A., KLEIM, J. A., & GREENOUGH, W. T. Synaptogenesis and dendritic growth in the cortex opposite unilateral sensorimotor cortex damage in adult rats: a quantitative electron microscopic examination. **Brain Research**. 1996, 733, p. 142–148.

KAWAMOTO, K. et al. Characterization and evaluation of graphene oxide scaffold for periodontal wound healing of class II furcation defects in dog. International. **Journal of Nanomedicine**. 2018, 13, p. 2365–2376.

KLEIM, J. A.; JONES, T. A. (2008). Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**. 2008, 51, p. 225–239.

LISMAN, J., & SPRUSTON, N. Postsynaptic depolarization requirements for LTP and LTD: a critique of spike timing-dependent plasticity. **Nature Neuroscience**. 2005, 8, p. 839–841.

MANNOOR, M. S. et al. Graphene-based wireless bacteria detection on tooth enamel. **Nature Communications**. 2012, p. 225–234.

MONFILS, M. H.; & TESKEY, G. C. Skilled-learning-induced potentiation in rat sensorimotor cortex: A transient form of behavioural long-term potentiation. **Neuroscience**. 2004, 125, p. 329–336.

NUDO, R. J., & MILLIKEN, G. W. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in

adult squirrel monkeys. **Journal of Neurophysiology**. 1996, 75, p. 2144–2149.

PEINEMANN, A. et al. Long-lasting increase in corticospinal excitability after 1800 pulses of subthreshold 5 Hz repetitive TMS to the primary motor cortex. **Clinical Neurophysiology**. 2004, 115, p. 1519–1526.

PITCHER, J. B., OGSTON, K. M., & MILES, T. S. Age and sex differences in human motor cortex input-output characteristics. **Journal of Physiology**. 2003, 15, p. 605–613.

RECANZONE, G. H., MERZENIOCH, M. M., & SCHEINER, C. E. Changes in the distributed temporal response properties of SI cortical neurons reflect improvements in performance on a temporally based tactile discrimination task. **Journal of Neurophysiology**. 1992, 67, 1071–1091.

REMPLE, M. S. et al. Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: Evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. **Behavioural Brain Research**. 2001, 123, p. 133–141.

WEINBERGER, N. M. Specific long-term memory traces in primary auditory cortex. **Nature Reviews Neuroscience**. 2004, 5, p. 279–290.

A importância da inspeção e certificação de terceira parte nos segmentos de fabricação de equipamentos de processo e produtos aeronáuticos

Edilson Rosa Barbosa de Jesus⁴⁷

Marcelo Pieri Pereira⁴⁸

Edson Souza de Jesus Filho⁴⁹

Introdução

Este capítulo pretende tratar basicamente de dois tipos de equipamentos ou produtos para os quais é extremamente importante o processo de Certificação, cuja inobservância da aplicação integral e correta das normas e regulamentos pode produzir resultados catastróficos, acidentes graves e fatalidades. Estamos nos referindo aos equipamentos de processo e produtos aeronáuticos (aeronaves).

Denominam-se equipamentos de processo os equipamentos estáticos em indústrias de processamento, que são as indústrias nas quais materiais sólidos ou fluidos sofrem transformações físicas e/ou químicas ou as que se dedicam à armazenagem, manuseio ou distribuição de fluidos. Dentre essas indústrias, citam-se as refinarias de petróleo e suas precursoras (prospecção e extração de petróleo), as indústrias químicas e petroquímicas, grande parte das indústrias alimentícias e farmacêuticas, a parte térmica das centrais termoeletricas e os terminais de armazenagem e distribuição de produtos de petróleo, entre outras (TELLES, 1979).

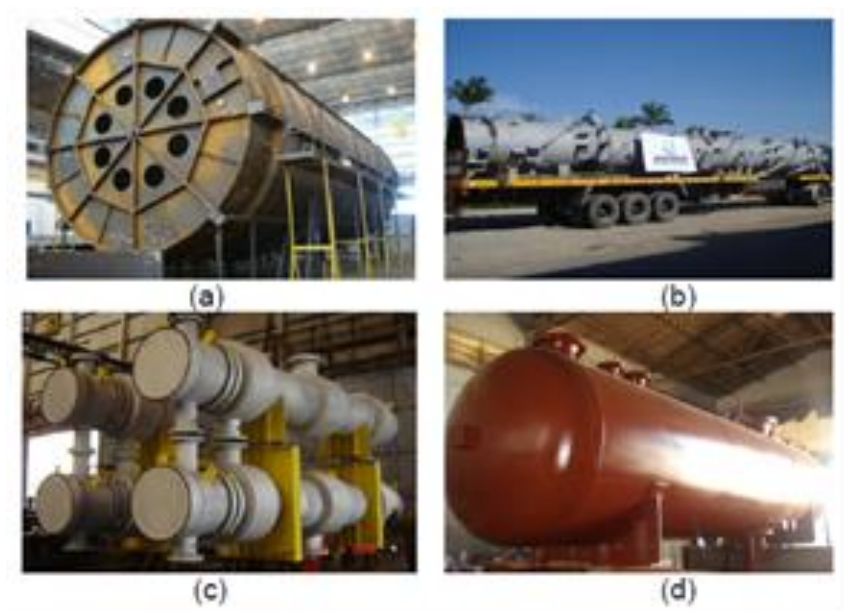
Equipamentos estáticos tais como colunas de destilação, vasos de pressão, caldeiras, trocadores de calor, fornos, tanques e tubulações industriais constituem não só a parte mais importante da maioria das indústrias de processamento, como também são, geralmente, os itens de maior tamanho, peso e custo nessas indústrias (Figura 1).

⁴⁷ Doutor em Engenharia de Materiais. Professor/pesquisador no IFSP câmpus Bragança Paulista. *E-mail*: erbjesus@ifsp.edu.br.

⁴⁸ Engenheiro de Produção. Manager Code Services na HSB Brasil. *E-mail*: Marcelo_Pereira@hsb.com.

⁴⁹ Doutor em Engenharia de Materiais. Profissional do setor aeronáutico e pesquisador colaborador no IPEN. *E-mail*: esjfilho@gmail.com.

Figura 1 - Equipamentos de processo: (a) forno cilíndrico; (b) coluna de destilação; (c) trocadores de calor; (d) vaso de pressão.



Fonte: Jesus e Biscuola (2012); Jesus (2012).

Jesus (2012) observa que nas indústrias de processamento algumas condições específicas fazem com que seja necessário um grau de confiabilidade mais apurado para os equipamentos em comparação com o que normalmente é exigido para os equipamentos dos demais ramos industriais. Dentre estas condições citam-se:

- regime contínuo de operação, o que submete os equipamentos a condições severas de trabalho;
- equipamentos interligados entre si, com potencial risco de paralisação de toda a planta por conta da ocorrência de uma falha individual (de um único equipamento);
- operação em condições de grande risco, que envolvam fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos, corrosivos etc.

Dentre algumas definições possíveis para **aeronave**, na Anacpedia (2021) ela é definida como sendo um dispositivo que é usado ou que se pretende usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou

coisas. No setor aeronáutico a segurança de voo é o principal alvo almejado desde a concepção inicial de um modelo de aeronave, até a operação e manutenção da sua aeronavegabilidade continuada. A engenharia aeronáutica é um dos ramos da engenharia no qual pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias, projetos e materiais são constantes, com vistas a obter aeronaves cada vez mais leves, eficientes e seguras.

Uma aeronave pressurizada, inclusive, possui semelhanças de projeto com um vaso de pressão, na medida em que a cabine de passageiros é dimensionada para suportar tensões radiais produzidas pelos ciclos de pressurização e despressurização durante a operação de voo, sendo que em suas extremidades dianteira e traseira também existem paredes de pressão (*bulkheads*) conhecidos como “tampos” nos vasos de pressão industriais.

Dentro do universo aeronáutico, o que também pode ser estendido para outros segmentos industriais, incluindo o de fabricação de equipamentos de processo, cabe definir ou esclarecer a expressão nível aceitável de segurança, do inglês *Acceptable Level Of Safety* – ALOS (ANACPEDIA, 2021a). Basicamente podemos definir como “Gerenciamento de Risco”, ou seja, na aviação o nível aceitável de segurança é geralmente definido em termos de probabilidade de um acidente aeronáutico ocorrer. Exemplificando de forma meramente didática, poderíamos dizer que a aeronave mais segura do mundo não conseguiria decolar de tão pesada que seria, diante da existência de um número enorme de dispositivos e redundâncias que a engenharia teria que nela incorporar com o objetivo de garantir sua segurança absoluta.

Evidentemente que o papel da aeronave é sair do chão e voar para poder cumprir seu papel de transportar pessoas e bens; assim, na aviação é importante que haja um equilíbrio adequado entre a finalidade ou objetivos desejados e a exposição ao risco ou taxa de acidentes/incidentes aceitável ou nível aceitável de segurança.

A questão da segurança (*safety*) na aviação tornou-se tão importante que, mais recentemente, passou a contar com o Anexo 19 na Organização de Aviação Civil Internacional (do inglês *International Civil Aviation Organization* – ICAO), que trata especificamente desse tema (ICAO STORE, 2021).

Dentre as condições mencionadas anteriormente para os equipamentos de processo, algumas das quais se aplicam também à aviação; a preocupação com os riscos envolvidos na operação é de longe a mais importante e pode ser administrada com níveis adequados/equacionados de confiabilidade quando obedecidos à risca todos os requisitos de projeto e fabricação estabelecidos em normas, sendo fundamental um rigoroso

processo de acompanhamento do equipamento ou produto aeronáutico por inspetores de terceira parte, desde a etapa de projeto, passando pela fase de aquisição de materiais, qualificação de pessoal e procedimentos, fabricação, montagem, instalação, operação e manutenção.

De acordo com Berger (2014), a adoção de códigos e padrões (normas) tem um duplo propósito. O motivo principal é garantir que o equipamento/produto seja seguro (para as pessoas que trabalham ao seu redor e para o público em geral). Adaptando as observações de Berger para o caso específico do setor aeronáutico, seguro para quem está a bordo e seguro para as instalações e pessoas em solo.

A segunda razão, de acordo com Berger (2014), é promover o comércio, alcançando uniformidade, intercambialidade ou pelo menos compatibilidade. Nesse contexto, os padrões (normas) também devem se esforçar para garantir que o equipamento/produto possa ser usado para proporcionar benefício econômico.

Convém destacar que, no caso de equipamentos de processo, os inspetores de terceira parte são em geral instituições de caráter privado, como é o caso da própria ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) ou de uma de suas agências autorizadas, como por exemplo a HSB (*The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company*); enquanto na área de aviação, normalmente são órgãos reguladores governamentais, a exemplo da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) no Brasil e da FAA (*Federal Aviation Administration*) americana.

O setor de equipamentos de processo

De acordo com Masters (2014), nas duas décadas anteriores a 2014, foi, por um lado, vertiginoso o crescimento do mercado mundial de equipamentos submetidos à pressão para as indústrias de óleo e gás e para outras nas quais ocorrem processos contínuos. Por outro lado, fabricantes e clientes desses equipamentos assistiram à proliferação de códigos e normas que assegurassem, cada vez mais, que um equipamento de pressão estivesse apto a operar de forma segura e confiável.

Dentre os diversos códigos e normas existentes, o Código ASME *Boiler and Pressure Vessel Code (BPV Code)* da *American Society of Mechanical Engineers* é, sem dúvida, o código mais amplamente adotado e, de fato, a base para muitas especificações locais (ibid).

A sociedade americana de engenheiros mecânicos publicou o primeiro código ASME para caldeiras e vasos de pressão em 1914 e tem procurado acompanhar os diversos avanços tecnológicos ocorridos desde

então. Citam-se, por exemplo, a substituição do uso de rebites por soldas na construção dos equipamentos, que exigiu dos redatores do código à época a consideração das novas tecnologias e adoção de boas práticas; também a criação de um código específico com o advento da indústria nuclear nos anos 1950; e, mais recentemente, a adequação dos códigos para considerar a utilização de materiais e fabricação de equipamentos para operar em condições supercríticas, com temperaturas da ordem de 625°C. (DEWEES E OUTROS, 2014)

No entanto, apesar do amplo uso do Código ASME, ainda restam conceitos equivocados de como pode ser obtida uma “**efetiva conformidade**” com o Código ASME, se comparada à solicitação genérica do comprador, que muitas vezes requer que o equipamento seja projetado e fabricado apenas “**em conformidade**” com o código ASME.

Esclarecendo, a “**efetiva conformidade**” do equipamento com o código (nesse caso o ASME), implica no acompanhamento rigoroso do processo de certificação do equipamento desde a fase de projeto, até a finalização da fabricação do mesmo por um Inspetor Autorizado ASME. Tal acompanhamento garante que a projetista e/ou a fabricante seguiu à risca todas as determinações estabelecidas na norma, o que resulta na emissão de um certificado de conformidade e também na estampagem do sinete (selo ASME) no equipamento e em sua respectiva placa de identificação, conferindo um nível de confiabilidade aceitável ao equipamento, mormente em relação às questões de segurança operacional.

Já no caso do equipamento projetado e/ou fabricado “**em conformidade**” com o código ASME, não existe o acompanhamento pelo Inspetor Autorizado ASME, mas tão somente uma declaração do próprio projetista/fabricante de que o projeto e/ou fabricação serão ou foram realizadas de acordo com os requisitos da norma.

A “**efetiva conformidade**” de um equipamento com o código vai além do minucioso acompanhamento de todas as etapas por inspetor autorizado de terceira parte.

No caso da “Certificação ASME”, ou seja, da obtenção dos Certificados de Autorização e da Marca de Certificação do Código, Masters (2014) observa que é requerido primeiro que o projetista/fabricante seja acreditado, para tanto deve preparar a descrição escrita do seu Sistema de Controle da Qualidade (SCQ), por meio de um Manual de Controle da Qualidade (MCQ), complementado por procedimentos específicos. Após, o fabricante deverá ainda ser submetido a uma auditoria do Sistema de Controle de Qualidade (conhecida como *ASME Joint Review*), procurando demonstrar fisicamente sua habilidade para implementar o sistema através

da simulação sobre um equipamento demonstração ou um equipamento referente a uma ordem de serviço real.

Finalmente, em sendo atendidos os requisitos do código sob o ponto de vista dos auditores avaliadores, é feita a recomendação ao Comitê de Credenciamento e Certificação da ASME para que seja emitido o Certificado de Autorização para esse fabricante (ibid).

A importância da certificação de equipamentos em relação à confiabilidade em segurança pode ser verificada através dos estudos de diversos pesquisadores em equipamentos fabricados em regiões onde a certificação é obrigatória pela legislação governamental, a exemplo do Canadá e países da Europa.

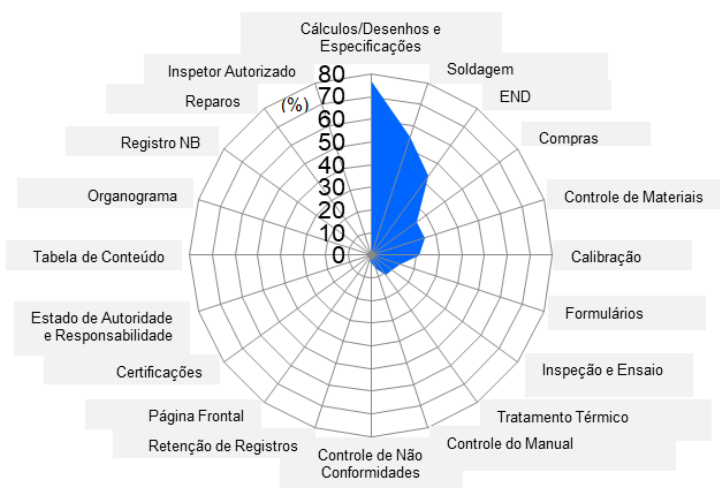
Nivolianitou et al. (2006) e Esouilem et al. (2019) concluíram em suas análises que as principais causas de acidentes envolvendo equipamentos pressurizados em países onde a certificação é obrigatória estavam associados a fatores organizacionais e, mesmo naqueles casos em que as causas estavam associadas a falhas do equipamento, verificou-se que a origem também era de cunho organizacional, tais como falta de um sistema de SST (Saúde e Segurança do Trabalho), falta de treinamento de pessoal e manutenção deficiente, entre outras.

É preocupante a prática amplamente utilizada na indústria nacional de equipamentos submetidos à pressão, em que o fabricante, conjuntamente com o comprador (usuário), decide pela construção do tipo “**em conformidade**” com o ASME, logo sem a exigência da certificação formal.

A experiência da HSB demonstra que a grande maioria dos fabricantes não acreditados não possui as normas devidamente atualizadas e, conseqüentemente, produzem cálculos, inspeções e fabricação de equipamentos em desacordo com os códigos vigentes. Convém lembrar ainda que tal conceito tem proporcionado aos fabricantes a livre (e por vezes equivocada) interpretação dos códigos, utilizando materiais inapropriados, procedimentos de soldagem e END (Ensaio Não Destrutivo) inadequados e aplicação de técnicas de reparos não permitidas, entre outras diversas inconformidades.

O exposto no parágrafo anterior fica bastante evidente ao analisar-se o diagrama de deficiências (Figura 2) encontrado junto a fabricantes (na América do Sul) em processo de certificação/recertificação durante as pré-auditorias ASME realizadas pela HSB.

Figura 2 – Diagrama de distribuição de problemas.



Fonte: cortesia HSB.

Considerando que o diagrama da Figura 2 foi obtido a partir do acompanhamento de fabricantes acreditados, que possuem um adequado conhecimento e nível de atualização dos códigos ASME, incluindo um sistema de qualidade em conformidade com seus requisitos, salienta-se que, ainda assim, foram detectadas deficiências pelos inspetores autorizados, principalmente nas áreas de cálculos (75% dos casos auditados), soldagens (55%) e END (43%), entre outras; deficiências essas que, obviamente, foram corrigidas ao longo do processo de acompanhamento e fabricação dos equipamentos.

Oras, com base no exposto no parágrafo anterior e no diagrama da Figura 2, o que esperar então de equipamentos confeccionados por fabricantes não certificados/acreditados, cujo sistema de qualidade, na maioria das vezes, é inexistente, e que também não contam com o acompanhamento de inspetores autorizados?

Daí a importância de iniciativas como aquelas adotadas pelos EUA e por muitos países europeus, que tornaram legalmente obrigatórias a inspeção e a certificação - por inspetores autorizados - de equipamentos que trabalham em condições críticas de operação, o que aumenta consideravelmente a confiabilidade e reduz substancialmente a ocorrência de acidentes. No Brasil, infelizmente, essa prática ainda não é adotada, mas já seria grande avanço se o governo considerasse constar das normas brasileiras (NR13- por exemplo) ao menos uma recomendação para que os equipamentos instalados fossem certificados.

Convém destacar que os inspetores autorizados ASME, devem ser submetidos a treinamentos e exames obrigatórios junto ao *National Board* em Columbus – Ohio EUA, além de ser exigido que eles mantenham sua proficiência através de treinamentos, prática permanente e auditorias anuais, tendo suas atribuições claramente definidas nas normas e devidamente controladas pelas Agencias de Inspeção Autorizadas ASME, não podendo atuar de forma independente ou sem qualquer controle, o que reforça ainda mais a garantia de que os equipamentos por eles acompanhados terão nível de segurança aceitável do ponto de vista operacional.

O setor aeronáutico

A fabricação de aeronaves no Brasil é orientada essencialmente pelos Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil (RBAC) e por Instruções Suplementares (IS) que dão suporte a esses regulamentos. Aeronaves Certificadas que detêm um Certificado de “Tipo” (ANACPEDIA, 2021b) demonstraram cumprimento integral com os requisitos de certificação contidos nos RBAC aplicáveis ao tipo e tamanho da aeronave, os quais refletem as recomendações da Organização de Aviação Civil Internacional por meio do Anexo 8, que trata da Aeronavegabilidade de Aeronaves (ICAO STORE, 2021a). Para aeronaves assim certificadas, em geral não é imposta qualquer tipo de restrição operacional, por terem níveis de segurança aderentes e em conformidade com o preconizado pela Organização de Aviação Civil Internacional. Essas aeronaves operam com um certificado de aeronavegabilidade **padrão**.

O requisito 21.175 do RBAC 21 (RBAC, 2021) classifica os certificados de Aeronavegabilidade em dois tipos: o certificado **padrão** e o **especial**. O certificado de aeronavegabilidade **padrão** é concedido àquelas aeronaves que são concebidas e permanecem aderentes às premissas estabelecidas pela Organização de Aviação Civil Internacional. As aeronaves que não cumprem ou cumprem apenas parcialmente as diretrizes da ICAO operam com um certificado de aeronavegabilidade **especial**.

Aeronaves que operam com certificado de aeronavegabilidade **especial**, por não terem seus processos de construção ou produção acompanhados por órgão ou autoridade aeronáutica e nem estarem aderentes com as premissas da ICAO, possuem, em geral (exceção das aeronaves leves esportivas) nível de segurança desconhecido ou inferior, pois não cumprem com qualquer requisito formal de projeto e construção, ou, quando cumprem, são requisitos menos rígidos do que aqueles previstos pela ICAO, os quais são adotados pelos seus 193 países membros.

O segmento de construção de aeronaves diferencia-se do setor de construção de equipamentos essencialmente pela necessidade de reduzir peso das aeronaves, obtendo-se assim ganho de autonomia, eficiência e performance, com consequente redução de custos e aumento de carga paga. A redução de peso é alcançada sobretudo com a utilização de novos materiais mais resistentes, confiáveis e leves e a aplicação cada vez mais racional dos coeficientes de segurança estabelecidos pelas normas e regulamentos aeronáuticos, em função do conhecimento mais aprofundado e preciso dos materiais disponíveis. Além disso, nos processos de certificação aeronáutica, as aeronaves e seus componentes, sobretudo aqueles críticos para a segurança de voo, são submetidos a exaustivos testes e avaliações, aliados ao uso de sofisticadas e modernas ferramentas de engenharia para avaliação e validação das condições de projeto.

De acordo com Zipay e outros (2016), o fator de segurança atualmente usado no projeto de aeronaves é de 1,5, fator relativamente baixo se comparado àqueles geralmente usados no projeto de equipamentos de processo conforme ASME, que segundo Stewart (2008) e Canonico (2000) é, atualmente, de 3,5 para vasos de pressão e caldeiras.

Convém lembrar que 1,5 é um fator de segurança utilizado em aplicações gerais na aviação. Para aplicações de maior responsabilidade, cuja falha do componente ou sistema pode afetar adversamente a segurança de voo, coeficientes maiores são indicados pelos regulamentos e devem ser praticados pela indústria aeronáutica.

Com o uso de novos materiais mais confiáveis na construção de aeronaves, consegue-se redução de custo, aliada a uma grande confiabilidade e segurança, não só para passageiros como também para a sociedade em geral, uma vez que as aeronaves sobrevoam cidades e pessoas. Portanto, a confiabilidade da máquina confere segurança para seus ocupantes, bem como para as pessoas e bens em solo.

Assim como no caso dos equipamentos de processo, tal confiabilidade é reforçada ainda pelo acompanhamento de auditorias de sistema feitas pelo órgão regulador, que cobrem desde a fase de aquisição de matéria prima, passando pela produção, fornecedores, prestadores de serviço, produção e gerenciamento de documentação, qualidade, inspeções e testes até a liberação final da aeronave. Além disso, conforme também previsto por regulamento aeronáutico, mesmo depois de entregue, a aeronave deve cumprir com o que chamamos de aeronavegabilidade continuada, que, em linhas gerais, consiste em manter a aeronave em condições seguras e conforme seu projeto original durante toda sua vida operacional, por meio das manutenções previstas nos manuais do fabricante.

A aviação contempla dois grupos de aeronaves: as aeronaves civis e as aeronaves militares. As aeronaves militares não estão sendo consideradas no escopo desse texto por possuírem regras próprias e particulares de certificação e operação. Na Aviação Civil existem diferentes tipos de aeronaves, com diferentes propósitos de operação. Esse conjunto de informações é que vai determinar que tipo de exigência será feita pela autoridade aeronáutica e que tipo de certificado será concedido para operação das mesmas (**padrão** ou **especial**).

As aeronaves destinadas ao transporte público de pessoas devem obrigatoriamente ser de modelo certificado (detentoras de Certificado de Tipo que normalmente operam com certificado de aeronavegabilidade **padrão**). No universo das aeronaves que recebem um certificado de aeronavegabilidade **especial**, temos as aeronaves leves esportivas e as aeronaves experimentais, sendo que as aeronaves construídas por amadores, por exemplo, estão no grupo das experimentais e são regulamentadas por meio do requisito 21.191(g)-I do RBAC 21 (RBAC, 2021).

Portanto, as permissões, restrições e/ou proibições impostas pela autoridade aeronáutica à operação de uma aeronave leva em consideração vários aspectos, tais como o propósito de operação, a confiabilidade da máquina (aeronave), bem como o nível de risco que essas aeronaves podem representar para as pessoas que estão a bordo e para as instalações e pessoas que se encontram em solo.

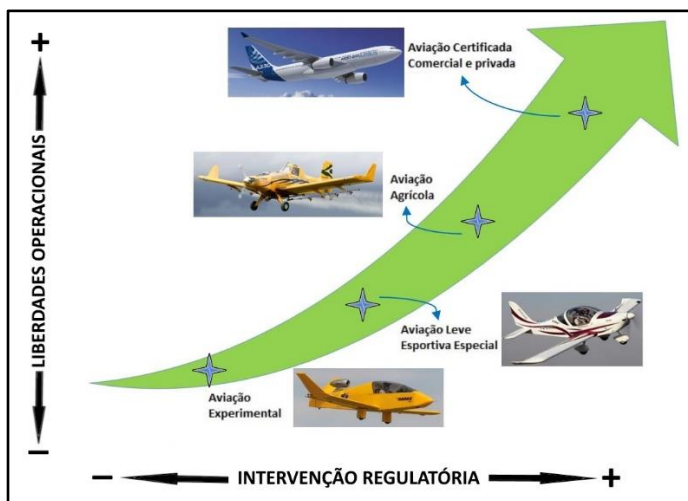
Assim, fazendo-se uma analogia com o caso da fabricação dos equipamentos de processo, os quais em tese deveriam sempre ser fabricados em “**efetiva conformidade**”, ao invés de apenas “**em conformidade**” com o código, sob pena de aumentar a probabilidade da ocorrência de acidentes, espera-se, por exemplo, que uma aeronave comercial não tenha restrição alguma de voo, tendo em vista o criterioso processo de auditoria pelo órgão regulador, pelo qual a mesma é submetida em todas as etapas de projeto, fabricação, operação e manutenção; enquanto que para uma aeronave experimental construída por amador são impostas maiores restrições pelas razões já esclarecidas anteriormente, ou seja, por não terem seus processos de construção ou produção acompanhados pela autoridade aeronáutica e nem estarem aderentes com as premissas e diretrizes da ICAO; deste modo, o nível de confiabilidade e de segurança dessas aeronaves são certamente inferiores aos das aeronaves certificadas e/ou até mesmo desconhecidas.

A Figura 3 ilustra a relação das liberdades operacionais dos diferentes tipos de aeronaves em função do seu tipo de enquadramento e grau de confiabilidade. Observa-se que as aeronaves experimentais possuem baixa liberdade operacional e devem, prioritariamente, operar sob uma série de limitações e em áreas segregadas, justamente para diminuir a exposição

ao risco das pessoas e instalações em solo. Para esse tipo de aeronave, em se tratando das pessoas a bordo, o próprio regulamento já se encarrega de alertar que a operação é por conta e risco dos próprios ocupantes.

Na medida em que a intervenção regulamentar no processo de verificação de cumprimento aos requisitos de construção das aeronaves vai aumentando, as liberdades operacionais também seguem essa tendência, pois o conhecimento sobre a máquina e o comportamento dela sob diversas condições operacionais (envelope de voo) é bem estabelecido e conhecido durante o exaustivo processo de certificação.

Figura 3 – Nível de liberdade operacional versus nível de intervenção regulatória em função do tipo de aeronave.



Fonte: elaborada pelos autores.

Camargo (2017) observa que aeronaves comerciais são conceituadas como o meio de transporte mais seguro, quando são considerados os índices de horas de utilização por acidentes ou incidentes. Segundo ele, entretanto, para que os produtos aeronáuticos cheguem aos mais altos níveis de confiabilidade, antes de voar é necessário que sejam testados de forma exaustiva, demonstrando que os projetos, materiais e métodos de produção atendam aos requisitos de segurança convencionados internacionalmente, em um processo obrigatório de avaliação chamado de Certificação Aeronáutica.

Um caso relativamente recente, que teve bastante repercussão mundial, demonstra claramente a importância da certificação de terceira

parte no segmento aeronáutico, cujo processo compõe-se de um conjunto de ações que envolvem auditorias, inspeções, conformidades, testemunhos, fiscalizações e finalmente a Certificação. Trata-se dos acidentes envolvendo duas aeronaves Boeing modelo 737 MAX que ocorreram em outubro de 2018 na Indonésia e em março de 2019 na Etiópia.

O relatório final do comitê Americano de Transporte e Infraestrutura responsável pela investigação (THCTI, 2020) revelou, dentre diversas outras constatações, que a FAA havia delegado excesso de funções de certificação de sua responsabilidade para a própria Boeing no caso do 737 MAX, comprometendo a eficácia do processo de certificação e, conseqüentemente, a segurança dos passageiros e do público.

Ainda, de acordo com o relatório, ficou caracterizado certo grau de conflito de interesses envolvido na relação autoridade e regulado, na medida em que foi delegado para funcionários da própria Boeing autonomia e autoridade para atuarem como representantes da FAA ou desempenharem funções e atividades de certificação em nome dela, tendo estes sido impedidos pela Boeing de atuarem de forma independente da empresa em vários momentos do processo, no que diz respeito à certificação do 737 MAX.

Nas observações finais desse mesmo relatório conduzido pelo comitê Americano de Transporte e Infraestrutura consta que pesquisas realizadas internamente à Boeing demonstraram que os Representantes Credenciados (*Authorized Representatives – AR*), que são empregados da empresa e credenciados pela Autoridade Aeronáutica, sofrem pressões por parte da empresa em relação às atividades delegadas desempenhadas por eles dentro da companhia.

O comitê identificou ainda diversos casos em que os representantes da Boeing não transmitiram à FAA importantes informações relacionadas à segurança, dificultando uma avaliação mais abrangente do 737 MAX pela Autoridade Aeronáutica, o que poderia ter resultado em melhoria da segurança da aeronave e potencialmente evitado os dois acidentes fatais

Assim, ambas as instituições foram responsabilizadas pelos acidentes: a Boeing por deter a responsabilidade da delegação de atividades de certificação e por não ter reportado ocorrências importantes durante o processo de certificação do modelo de aeronave 737 MAX à FAA e a própria autoridade aeronáutica por não ter fiscalizado adequadamente as atividades de Certificação de sua responsabilidade ao delegá-las para o fabricante Boeing por meio da figura jurídica denominada de *Organization Designation Authorization – ODA*.

No Brasil, atualmente, existe a figura dos Representantes Credenciados atuando nas instalações do fabricante em nome da Autoridade Reguladora (no caso a ANAC). Estas pessoas são colaboradores da própria fabricante, os quais, no modelo praticado atualmente, necessitam prestar contas diretamente à autoridade reguladora (ANAC). A figura da Empresa Delegada ou Certificação de Organização de Projeto – COPJ equivalente ao ODA Americano já está regulamentada aqui no Brasil por meio da Subparte J do RBAC 21 (RBAC, 2021), entretanto não se encontra operacional, pois nenhuma empresa fabricante demonstrou cumprimento com as exigências para fazer jus à prerrogativa de Empresa Delegada. Nesse modelo de empresa delegada (COPJ) a fabricante, em tese, tem autonomia total sobre o processo de certificação. Tal nível de delegação é extremamente ambicioso, pois transfere responsabilidades do estado para o regulado, portanto deve ser muito bem fiscalizado, de modo a impedir que interesses comerciais ou conflitos de interesses interfiram no processo de certificação.

No universo do setor aeronáutico, o apoio e a cooperação conjunta da indústria com as atividades desempenhadas pelo órgão regulador são importantes e necessárias, uma vez que o Estado não teria condições de desempenhar a atividade de regulação e fiscalização a contento sem cooperação mútua, principalmente com a crescente tendência de aumento da demanda aérea mundial. Entretanto, apesar da necessidade de que exista um ambiente mútuo permanente de cordialidade, cooperação e respeito entre as partes, é imprescindível que os limites de atuação e os papéis de cada um no processo de Certificação estejam bem claros e definidos, de modo a não permitir que as respectivas responsabilidades se confundam com eventuais interesses particulares e comerciais, pois o que se objetiva alcançar é sempre a segurança de voo e a proteção física e da vida de passageiros e de pessoas e instalações em solo.

O caso do Boeing 787 Dreamliner (FAA, 2013) pode ser mencionado como um exemplo de sucesso, considerando o nível de novas tecnologias e materiais incorporados ao projeto à época, em que houve um trabalho intenso de equipe e relação de colaboração mútua entre a autoridade aeronáutica e a indústria, com vistas a atingir o objetivo comum de entregar ao mercado uma aeronave moderna e segura.

Por outro lado, temos o citado caso do 737 MAX no qual se constatou a existência de atropelos no processo de certificação, devido a supostos interesses comerciais, inclusive com possibilidade de conivência do órgão fiscalizador, que era quem deveria zelar primariamente pelo cumprimento e manutenção dos requisitos regulamentares de certificação, resultando em dois trágicos acidentes de grandes proporções que ceifaram 346 vidas e deixaram inúmeras outras órfãs e desamparadas.

Considerações finais

O segmento de equipamentos de processo opera em condições variadas, muitas das quais críticas em termos de temperatura, pressão e/ou armazenamento/condução de fluidos, inflamáveis, tóxicos e letais, já o segmento aeronáutico desempenha atividades sensíveis de transporte de cargas e de pessoas, muitas vezes executando voos sobre cidades e regiões com grande adensamento populacional, daí a importância da certificação, não só para a garantia da confiabilidade operacional do equipamento/aeronave propriamente dito(a), como também para o aumento da segurança de operadores, usuários e da sociedade em geral.

Através dos dados e informações apresentadas, tanto em relação aos equipamentos de processo quanto em relação aos produtos aeronáuticos, fica evidenciada a importância da inspeção e certificação de terceira parte por inspetor autorizado ou órgão regulador junto às empresas e atividades desempenhadas por esses setores.

Referências

ANACPEDIA. **Definição “aeronave”**. 2021. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr63.htm. Acesso em: 19 set. 2021.

ANACPEDIA. **Definição “ALOS”**. 2021a. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/sig/tr1361.htm>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ANACPEDIA. **Definição “Tipo”**. 2021b. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr2343.htm. Acesso em: 15 jul. 2021.

BERGER, D. L. **Elevating the pressure and temperature**. Mechanical Engineering. Nov. 2014, 136(11): p. 38-39 Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/136/11/38/380330/Elevating-the-Pressure-and-Temperature>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CAMARGO, G. M. **Processo de Certificação Aeronáutica Civil Brasileira: Estudo dos impactos na competitividade da indústria nacional**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal de São Carlos. 2017. 124 p.

CANONICO, D. A. Adjusting the Boiler Code Technological Advances Have Made it Possible To Reduce the Material Design Factor in the Asme Boiler and Pressure Vessel Code. **Mechanical Engineering**. Feb. 2000, 122

(02): p. 54-57. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/122/02/54/369397/Adjusting-the-Boiler-CodeTechnological-Advances>. Acesso em: 21 mar. 2021.

DEWEES, D.; JONES, C. SLATER, M.; WEITZEL, P.; SCAVUZZO, S.; MOOT, D.; BECKER, P. TANZOSH, J.; CORNELL, R. Essential for safety. **Mechanical Engineering**. Nov. 2014, 136(11): p. 32-35. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/issue/136/11>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ESOUILEM, M., BOUZID, H., NADEAU, S. (2019). Accident Causes Involving Pressure Vessels: A Case Study Analysis with STAMP Model. Conference: 65. **Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft**At: Dresden, Germany. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331532883_Accident_Causes_Involving_Pressure_Vessels_A_Case_Study_Analysis_with_STAMP_Model. Acesso em: 16 mar. 2021.

FAA. **The Certification of the Boeing 787 Aircraft and the Lessons Learned**. 2013. Disponível em: <https://www.transportation.gov/testimony/certification-boeing-787-aircraft-and-lessons-learned>. Acesso em: 17 jul. 2021.

ICAO STORE. **Annex 19: Safety Management**. 2021. Disponível em: <https://store.icao.int/en/annex-19-safety-management>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ICAO STORE. **Annex 8: Airworthiness of Aircraft**. 2021a. Disponível em: <https://store.icao.int/en/annex-8-airworthiness-of-aircraft>. Acesso em: 15 jul. 21.

JESUS, E. R. B. Materiais para fabricação de equipamentos de processo. **Revista Iluminart**, Ano IV, nº 9, Nov/2012, p. 27-35.

JESUS, E. R. B.; BISCUOLA, V. B. O estado da arte dos materiais para aplicação na fabricação de equipamentos de processo. **Revista Petro & Química**, Ano XXXV, nº 343, 2012, p. 27-35.

MASTERS, M. H. Qualidade: Certificar ou não certificar, eis a questão. **Portal Petróleo & Energia**, 2014. Disponível em: <https://www.petroleoenergia.com.br/qualidade-certificar-ou-nao-certificar-eis-questao/> Acesso em: 16 mar. 2021.

NIVOLIANITOU, Z.; KONSTANDINIDOU, M.; CHRISTOU, M. Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). **Journal of hazardous materials**. 137. p. 1-7. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/331532883_Accident_Causes_Involving_Pressure_Vessels_A_Case_Study_Analysis_with_STAMP_Model. Acesso em: 16 mar. 2021.

RBAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC21EMD08**. 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21-emd-08/@@display-file/arquivo_norma/RBAC21EMD08.pdf. Acesso em: 15 jul. 2021.

TELLES, P.C.S. **Materiais para equipamentos de processo**. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1979, 230 p.

THCTI - The House Committee on Transportation and Infrastructure. **Final Committee Report on the Design, Development, and Certification of the Boeing 737 MAX**. 2020. Disponível em: <https://transportation.house.gov/committee-activity/boeing-737-max-investigation>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ZIPAY, J. J.; MODLIN, C. T.; LARSEN, C. E. The Ultimate Factor of Safety for Aircraft and Spacecraft - Its History, Applications and Misconceptions. **57th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference**. 4-8 January 2016 San Diego, California, USA. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20150003482>. Acesso em: 21 mar. 2021.



AUTORES

AGORD DE MATOS P. JÚNIOR
ANDRÉ MARCELO PANHAN
ANDRÉA C. DE M. MALINVERNI
ARNALDO M. R. PRATA
BIANCA ANOTTI
CECÍLIO M. RODAS
CLÁUDIO SÉRGIO SARTORI
DERVAL DOS SANTOS ROSA
EDILSON ROSA BARBOSA DE JESUS
EDSON SOUZA DE JESUS FILHO
ÉRICO RODRIGUES GOMES
FABIO M. CAVALCANTE
FERNANDA DA LUZ BARBOSA
GABRIELE FRANCO
GIANNA CARVALHEIRA
GUSTAVO FARIA DA SILVA
IÁRA LEME RUSSO CURY
IDLLA HOLANDA PESSOA PIO
IRVAL CARDOSO DE FARIA
JOÃO VITOR N. LEAL
JOAQUIM KAYO L. CAMARGO
JOSÉ EDUARDO COLLE

JOSÉ ERICK DE SOUZA LIMA
KLEBER NASCIMENTO DA CONCEIÇÃO
MARCELO PIERI PEREIRA
MARCOS ALEXANDRE FERNANDES
MARIA GORETTE FERNANDES
MÁRIO SÉRGIO SALERNO
MAYSA SOARES DE C. FERNANDES
NATANAEL OLIVEIRA DA VERA
OMAR ARAFAT KDUSI KHALIL
ORLANDO LEONARDO BERENGUEL
PAULO HENRIQUE LEME RAMALHO
PAULO S. TONELLO
RICARDO A. RODRIGUES
RICARDO BRASILEIRO DE MATOS
RUBENS PANTANO FILHO
SUELI A. DE OLIVEIRA
TALITA DE PAULA C. DE SOUZA
VINICIUS FIGUEIREDO SANTANA
VITOR GARCIA
WAGNER WESLEY LEME RAMALHO
WALTER MARTINS RODRIGUES
WILLIAM RODRIGUES DA SILVA