

# EDUCAÇÃO INTEGRADA STEAM: A SUBJETIVIDADE DAS ARTES COMO ALIADA NOS PROCESSOS DE INOVAÇÃO DO SÉCULO XXI

## STEAM INTEGRATED EDUCATION: THE SUBJECTIVITY OF THE ARTS AS AN ALLY IN THE INNOVATION PROCESSES OF THE 21ST CENTURY

Cristiane Friggo e Barros 1  
Guido Vaz Silva 2  
Sergio Ricardo da Silveira Barros 3

**Resumo:** Frente aos desafios do século XXI, a linha que separava as áreas da ciência, da tecnologia, da engenharia, da matemática e das artes, está cada vez mais fluida. A inclusão do pensamento artístico na educação de engenheiros e cientistas aponta para um aperfeiçoamento na capacidade de criação de produtos e serviços relevantes para a humanidade. Este modelo leva em conta a humanização das relações de trabalho e um processo de produção seguro e responsável, que promoverá uma relação mais equilibrada e justa entre a sociedade e o meio ambiente. Este estudo se debruça sobre uma metodologia que embasa este pensamento e que se apresenta sob o acrônimo STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) e objetiva analisar a metodologia, demonstrando como a subjetividade das artes pode atuar como aliada nos processos de inovação. Para atender aos propósitos desta pesquisa procedeu-se uma pesquisa documental e bibliográfica que resultou em um seminário que apresenta a metodologia STEAM.

**Palavras-chave:** Educação STEAM. Inovação. Criatividade.

**Abstract:** Faced with the challenges of the 21st century, the line that separated the areas of science, technology, engineering, mathematics and the arts, is increasingly fluid. The inclusion of artistic thinking in the education of engineers and scientists points to an improvement in the ability to create products and services relevant to humanity. This model takes into account the humanization of labor relations, and a safe and responsible production process, which will promote a more balanced and fair relationship between society and the environment. This study focuses on a methodology that underlies this thought, which it is presented under the acronym STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). It also aims to analyze the methodology, demonstrating how the subjectivity of the arts can act as an ally in innovation processes. In order to meet this study's purposes, a documentary and bibliographic research was carried out resulting in a seminar that illustrated the STEAM methodology.

**Keywords:** STEAM education. Innovation. Creativity.

---

Mestre em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2527710952655727>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7561-6323>. E-mail: [cristianefriggo@gmail.com](mailto:cristianefriggo@gmail.com) | 1

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente no Departamento de Engenharia do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Universidade Federal Fluminense (UFF). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9847110744718539>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9009-1027>. E-mail: [guido\\_vaz@id.uff.br](mailto:guido_vaz@id.uff.br) | 2

Doutor em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Docente no Departamento de Análise Geoambiental da Universidade Federal Fluminense (UFF). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0245365238186836>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7837-1181>. E-mail: [sergiobarros@id.uff.br](mailto:sergiobarros@id.uff.br) | 3

## Introdução

Num momento em que as discussões acerca da educação no Brasil tornam-se polarizadas por questões políticas, alguns eventos realizados no País buscam olhar para a frente. Com foco nas disciplinas STEAM (sigla em inglês que quer dizer Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), os encontros discutem quais as mudanças necessárias nos modelos pedagógicos do país para ensinar às futuras gerações as habilidades necessárias para o século XXI.

O artigo 22 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394/96), estabelece que a educação básica deve assegurar ao educando uma formação que lhe permita atuar de maneira ativa e significativa na sociedade, fornecendo subsídios para o exercício de uma profissão, assim como para estudos posteriores. O primeiro contato dos alunos com o conhecimento do mundo físico e natural é propiciado no Ensino Fundamental. No Ensino Médio este conhecimento é aprofundado e o professor é o responsável pela priorização do conteúdo a ser trabalhado, baseado no seu critério de relevância para a realidade de seus alunos. No entanto, muitas vezes os conteúdos de ciências exatas e naturais sofrem rejeição por parte dos alunos, devido a sua dificuldade de assimilação (RIBEIRO, J.P.M., 2020). Segundo Gonzalez e Paleari (2005), esta dificuldade de assimilação remonta ao fato do professor elencar exclusivamente o método expositivo na apresentação do conteúdo, privilegiando a memorização. Para os autores este método, como único pilar para a transmissão de conhecimento, compromete as relações de ensino e aprendizado na superação das dificuldades de entendimento do conteúdo apresentadas pelos alunos. Em função disso, muitos teóricos vêm se debruçando sobre práticas de ensino mais atrativas na transmissão dos conceitos inerentes à área científica que potencializem essa assimilação, quer seja através de ferramentas didáticas inovadoras, como também, práticas interdisciplinares.

Em 2006 nos Estados Unidos, com a educação STEM ( sigla em inglês que se refere as áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática) em declínio, as Academias Nacionais dos Estados Unidos levantaram esta preocupação frente à necessidade de preparar os estudantes para a economia global do século XXI (TALJAARD, 2016). Desde então, insistindo em focar na aptidão dos alunos em disciplinas STEM, para melhorar a economia dos Estados Unidos, de 2008 a 2012, o Presidente Barack Hussein Obama II direcionou US \$ 52,4 bilhões de dólares às iniciativas STEM, desde o jardim de infância até a pós-graduação. Entretanto o resultado desta empreitada não resultou de todo satisfatório, apontando que o ensino de ciência e matemática precisava se concentrar mais na resolução de problemas criativos e do mundo real. As altas taxas de evasão escolar e universitária demonstraram que o sistema educacional precisava ser atualizado nesta era digital, adequando-se a uma nova abordagem para coletar informações, interagir e encontrar significados (KWACK, 2014).

A partir da constatação de que o modelo de ensino estava defasado em relação ao aumento da tecnologia na sociedade, o que geraria escassez de mão de obra em áreas cruciais para o desenvolvimento econômico e social do país, no ano de 2008, Georgette Yakman, professora da RISD - Rhode Island School of Design, aborda a necessidade de ampliar o modelo mental de STEM, para integrar os campos de arte e design. Este novo modelo ela descreve como “ciência e tecnologia interpretado através da engenharia e das artes, baseado em elementos matemáticos” criando o acrônimo STEAM \_science, technology, engineering, arts, mathematics.

Em um mundo com uma população que no início do século XX contava 1,65 bilhão de habitantes e hoje, em 2019, ultrapassa os 7,6 bilhões de habitantes, globalmente interconectado e com problemas complexos que exigem soluções sofisticadas, é necessário que se encontrem caminhos inovadores para interagir nesse contexto. Enquanto esta realidade que vivemos na contemporaneidade implica novos desafios sobre a ciência, as faculdades ainda treinam cientistas de maneira similar a como foram treinados décadas atrás (MADDEN et al., 2013).

Para fazer frente a este cenário, é necessário que se promovam mudanças que tornem estes campos de interesse mais atraentes. Assim, com a ideia de revigorar esta plataforma, começaram as discussões para a inclusão de Artes nos currículos STEM buscando atender aos anseios da nova geração com uma abordagem mais atraente, criando oportunidades para a auto-expressão e conexão pessoal, tão comum a eles (LAND, 2013; MADDEN et al., 2013).

O impulso para a plataforma STEAM vem atender a esta demanda, colocando a confiança no cérebro dos alunos para alcançar novos avanços científicos e tecnológicos (LAND, 2013). Com a atividade econômica no mundo todo em modo acelerado de transformação, uma educação pautada em promover a inovação e a criatividade tornou-se primordial nos diálogos públicos em curso (IMMERMAN, 2011).

Em um futuro próximo, estaremos cada vez mais e de forma irrevogável conectados a inteligências artificiais e robôs, que estenderão nossa mente e nosso corpo. Então qual o sentido de darmos continuidade a um sistema educacional que tenta transformar os seres humanos em robôs de carne e osso? Não seria mais pertinente investirmos em amplificar a natureza casual, emocional, criativa e orgânica dos seres humanos que aliados às novas forças da inteligência artificial e dos robôs criarão as novas forças de trabalho do futuro? (ITO; HOWE, 2018).

Yakman (2008) atesta que o surgimento da mídia digital transformou o mundo das publicações e da publicidade. Agora é exigido que engenheiros tenham habilidades artísticas e que artistas tenham habilidades de engenharia. Apple e Disney são exemplos da adoção desta mistura de engenharia e artes. Nestas empresas, os engenheiros de projeto são intitulados “imaginadores”. O termo “imagineering” foi popularizado pela Alcoa e depois adotado pela Disney para descrever as habilidades necessárias para projetar e construir seus parques temáticos.

Yakman (2008) defende que no paradigma STEAM, as artes - especialmente as artes visuais - reforçam a engenharia. Apesar destes dois campos estarem estabelecidos para fazer as coisas por diferentes razões, ambos aplicam muito das mesmas técnicas, estratégias e ferramentas. Em muitas aulas de artes, as disciplinas STEM já estão sendo ensinadas como um meio para atingir o profissionalismo no uso de mídia. Por exemplo, a física de luz, química básica e fundamentos de trigonometria são áreas-chave de aprendizagem na fotografia. No ensino de computação gráfica é necessário fornecer uma base em pensamento matemático, geometria e programação de software. A inclusão das artes em ensino STEM, portanto, não minimiza os aspectos das disciplinas STEM. Isto as torna mais fortes, mais envolventes e relevantes para os alunos.

Este artigo tem como objetivo analisar os conceitos da educação integrada STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) relacionando a subjetividade das artes como campo do saber fundamental nos processos de inovação do século XXI.

## **Inovação - da era da informação para a era da inovação**

A criação de ideias inovadoras é um processo complexo. Ultimamente, os principais ativos das organizações são intangíveis, predominando um grande foco no conhecimento. Por isso, inovar, transformar *insights* em oportunidades para gerar novos negócios pode ser considerado ponto estratégico para garantir a sobrevivência das corporações nos dias de hoje (BROWN, 2010).

Os avanços tecnológicos e os meios de comunicação permitem hoje que as pessoas fiquem conectadas permanentemente, se assim desejarem. Tudo é instantaneamente compartilhado em qualquer lugar do mundo em que esteja ocorrendo, o que faz com que estejamos no mesmo espaço e tempo concomitantemente, tornando-nos testemunhas face a face de eventos que acontecem em outros Países. Acabou-se a distância entre as pessoas e o reflexo disso se dá até na influência que exerce sobre decisões políticas a que temos acesso, antes mesmo de serem comunicadas à mídia. Abusos e injustiças em sistemas totalitários enfrentam a opinião pública mundial simultaneamente. O fenômeno tecnológico se disseminou rapidamente e não tivemos tempo hábil para estudá-lo adequadamente e entender o tipo de repercussão que isto implica. A atual situação mundial desencadeia uma série de desafios difíceis de anteciper (DE COSSÍO; ZARAGOZA, 2014).

A sociedade atual, batizada de “sociedade da informação”, tem como característica principal a capacidade de disseminar a informação para as grandes massas rapidamente. Sendo a informação tão significativa, espera-se que o fenômeno alcance os indivíduos de maneira que eles possam dar conta, ao mesmo tempo, de toda esta informação. Com isto, as habilidades requeridas dos alunos para que possam contribuir com a sociedade foram redefinidas, juntamente com o desenvolvimento tecnológico, pressões econômicas e mudanças rápidas na competição de mercado (LEVY; MURNANE, 2005; STEWART, 2010; WILMARTH, 2010).

Em estudo conduzido por Boyaci e Atalay, em 2016, concluiu-se que, frente às exigências de competência do século XXI, cresce também a importância do desenvolvimento de escalas para medir com precisão essas habilidades prementes. Para isto, uma nova escala de medição destas habilidades foi desenvolvida com base na escala P21 (2009) e, através dos resultados da análise fatorial demonstrada, observou-se que a estrutura era composta de três subdimensões, que foram denominadas “criatividade e inovação”, “pensamento crítico e resolução de problemas” e “cooperação e comunicação”. Na conclusão deste estudo, os autores atestam que esta escala é significativa e relevante para a obtenção de um parâmetro de importância sobre os esforços que têm sido empregados no intuito de atender as exigências de competência. Neste quesito, todos os estudos anteriores na literatura apontavam separadamente estes fatores e a escala atual combinou-os como escala de habilidades de aprendizado e inovação do século XXI (BOYACI; ATALAY, 2016).

A Associação Americana para o Avanço da Ciência definiu a engenharia como “o uso da criatividade e da lógica, baseada em matemática e ciências, utilizando como elo de ligação das diferentes disciplinas a tecnologia”. Esta associação cria um ambiente fértil para criação de novos produtos, convertendo conceitos imaginativos em realidade confiável. O resultado desta mudança de paradigma, com a inclusão do pensamento artístico na educação de engenheiros e cientistas, interrompe a lógica estruturada tradicional das disciplinas STEM (WATSON; WATSON, 2013).

Entretanto, quando pensamos em integrar artes e ciência na metodologia STEAM, lembrando que esta combinação tem um objetivo de aprimoramento mútuo, a primeira coisa que nos vêm à mente são as artes visuais, uma vez que, a grande maioria dos cientistas já teve que criar diagramas para comunicar suas descobertas de maneira eficaz. Mas as artes performáticas como dança e teatro também têm sido usadas no treinamento e educação científica. As artes visuais e gráficas complementam os modos tradicionais de elucidar a ciência, adicionando uma nova lente na estrutura do trabalho científico. Já as artes cênicas o teatro e a dança, de forma menos óbvia, são iniciativas que aprimoram as habilidades de comunicação e interação entre os estudantes, complementando o treinamento e melhorando o desempenho na condução de projetos dinâmicos junto aos estudantes de ciências, profissionais, equipes interdisciplinares e não cientistas. Isto sem falar na música (SEGARRA et al., 2018).

O “Teatro do Leitor” é uma ferramenta utilizada em sala de aula para facilitar sua compreensão sobre fenômenos naturais abstratos e difíceis de compreender. Nesta técnica, o aluno se esforça para contar uma história a partir de um roteiro fornecido pelo professor, articulando seus conhecimentos. Isto ajuda os alunos a se tornarem leitores fluentes e expressivos, além de ser uma forma de catalisar as narrativas científicas, estimulando o aluno a resumir, analisar e visualizar o conteúdo. O teatro improvisado provou ser ferramenta útil na sala de aula, encorajando os alunos em sua autonomia, articulação e integração de ideias científicas (SEGARRA et al., 2018).

Na modalidade dança, a colaboração entre artistas e cientistas pode ser observada em projetos acadêmicos como o “Dance sua Tese”, “Danceologia STEM” ou, também, David Odde e a companhia de dança Black Label, que desenvolveu um TED Talk sobre quebra de simetria e migração celular. Outro exemplo é a empresa Dance Exchange, que cria peças evocando o pensamento e o diálogo em torno da ciência. Na peça “Ferocious Beauty: GENOME”, da coreógrafa Liz Lerman desenvolvida em colaboração com mais de 30 cientistas, a história da pesquisa genética humana é explorada pelos dançarinos em movimentos coreografados que remetem à complexidade das descobertas científicas e que, quando apresentada em sala de aula, os alunos são convidados a modelar os conceitos biológicos apresentados na peça (SEGARRA et

al., 2018).

A contribuição da música também se faz presente como uma ferramenta na ciência. A Gene 2 Music cria padrões de proteínas auditivas, convertendo sequências de proteínas codificadas por um genoma em notas musicais. Os projetos de artes na educação STEAM tornam a aprendizagem acessível, criando um ambiente de interesse para os estudantes. Revertendo a imagem do cientista quantitativo que acha irrelevantes considerações estéticas, a arte envolve o aluno que aprende a dar valor à prática, reconhecendo a utilidade e importância de expandir-se em papéis criativos, angariando benesses para o seu próprio desenvolvimento como indivíduo. Nesses cursos, frequentemente é observado que os alunos apreciam a chance de ampliar os limites do seu aprendizado, sentindo que estão mais preparados para ter sucesso em atividades profissionais em que não basta mais apenas a proficiência técnica. O STEAM, como meio de apoio ao progresso científico, tem se mostrado uma metodologia inspiradora, motivacional e acessível, mas que na prática, inicialmente pode causar estranheza e encontrar certa rejeição junto ao público STEM. Em função disso, muitos destes programas têm sido implantados como oportunidades de aprendizagem experiencial, cultivando o valor da colaboração e da interdisciplinaridade (SEGARRA et al., 2018).

### **Pensamento Sistêmico**

Desde o século XVII, o pensamento ocidental é condicionado pelo pensamento cartesiano. O paradigma, que vem a ser estruturas de pensamento inscritas culturalmente nos seres humanos, comanda inconscientemente seu modo de conhecer, pensar e agir. A incumbência da ciência sob a égide do paradigma cartesiano consistia em procurar leis universais, que estabelecessem relações claras de causa e efeito (SANTOS; HAMMERSCHMIDT, 2012).

Desde que os cientistas perceberam a impossibilidade da objetividade no reconhecimento do mundo, a partir dos avanços dos estudos e pesquisas da física quântica, microfísica, termodinâmica, cibernética e na biologia, uma mudança epistemológica que constitui uma mudança paradigmática, está permitindo aos cientistas assumir o novo paradigma, que é sistêmico. As contribuições dos físicos Max Plank, Einstein, Niels Bohr, Boltzman, Heisenberg, no início do século XX, com o acréscimo das contribuições mais recentes do químico russo Ilya Prigogine, do bio-físico francês Henri Atlan, dos biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela e do físico e ciberneticista austríaco Heinz von Foerster levaram ao surgimento dos primeiros questionamentos a respeito do paradigma tradicional da ciência. Os cientistas perceberam os limites do seu paradigma e foram levados ao que corresponde a uma mudança de paradigma da ciência (VASCONCELOS, 2005).

O Princípio da Incerteza, proposto por Heisenberg e aplicado à física, mostrou que os fundamentos de duas propriedades de uma partícula atômica não puderam ser determinados simultaneamente, porque quando se aumenta a precisão na determinação de um deles, diminui a precisão de determinação do outro (LICHT, 2013). Esta demonstração coloca em causa a compreensão da criação do mundo, reforçando a importância dos dilemas de que a visão mecanicista do mundo precisava ser expandida (BOKULICH, 2006).

Quando ficou claro que a dificuldade da objetividade estava atrelada à natureza do sujeito do conhecimento e não à natureza do objeto, os cientistas perceberam que a “realidade” emergia das distinções feitas pelo observador. A partir de então, reconheceram a inevitável inclusão do sujeito em suas afirmações sobre o mundo, ou seja, a referência imprescindível ao observador. Assim sendo, a realidade passou a ser, para esses cientistas, uma construção de um grupo de observadores que compartilham suas experiências pessoais e definem, através de um consenso, o que vão tomar como “realidade” seja ela física, biológica ou social. Dessa forma, a ciência hoje se desenvolve dentro de espaços consensuais de intersubjetividade, sem que a experiência individual e privada do sujeito seja a única referência. Ultrapassamos os pressupostos da simplicidade, estabilidade e objetividade para dar lugar a complexidade, instabilidade e intersubjetividade (VASCONCELOS, 2005).

A base epistemológica da complexidade está ancorada em três teorias surgidas nos anos de 1940: a teoria da informação, a teoria da cibernética e a teoria dos sistemas. Na teoria da informação trata-se da incerteza, do inesperado, da surpresa, uma vez que abarca um universo



que contempla ao mesmo tempo a ordem e a desordem a fim de extrair o novo. Na cibernética, o princípio retroativo adotado por Morin, propõe o rompimento com a causalidade linear onde a causa age sobre o efeito, mas o efeito também retroage sobre a causa, o que permite a autonomia organizacional do sistema. E por fim, a teoria dos sistemas permite ligar o conhecimento das partes com o conhecimento do todo, e vice-versa (SANTOS; HAMMERSCHMIDT, 2012).

Segundo Edgar Morin (2006), os princípios da complexidade são condizentes com o avanço da ciência e da tecnologia. A complexidade impulsiona a construção do conhecimento, articulando-os em diferentes áreas na prática de inter-relação, de interdisciplinaridade e interação. A complexidade envolve a inter-relação do ser humano, o conhecimento, a diversidade, a subjetividade, o ambiente, questões econômicas, entre outros objetos presentes nesta abordagem. Surge um novo olhar sobre o conhecimento e as consequências educativas epistemológicas e éticas. Conforme a definição de Morin (2006):

[...] a um primeiro olhar, a complexidade é um tecido (complexus: o que é tecido junto) de constituintes heterogêneos inseparavelmente associados: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico [...].

Assim, o pensamento complexo lida igualmente com o pensamento racional lógico-científico e o mítico-simbólico-mágico. Ele move, conjuga e articula os diversos saberes, sem perder sua essência e particularidade de cada fenômeno, religando matéria e espírito, natureza e cultura, sujeito e objeto, objetividade e subjetividade, arte, ciência, filosofia. O pensamento complexo se estabelece como requisito para o exercício da interdisciplinaridade (SANTOS; HAMMERSCHMIDT, 2012).

## **Criatividade**

A criatividade pode ser definida como a habilidade de criar algo novo que promova a inovação em diferentes contextos (AMABILE; KHAIRE, 2008). Ela é um constructo essencial para o desenvolvimento do indivíduo, o avanço do conhecimento e o progresso da humanidade (MISHRA et al., 2013).

Em 2006, por ocasião da conferência da UNESCO que tinha um alcance mundial, foram criadas as competências criativas do século XXI. Sob a declaração do diretor-geral de que “a criatividade é a nossa esperança”, acendeu-se uma luz sobre a criatividade como uma solução para os problemas globais. Contudo, ficou claro que a criatividade não pode ser tratada apenas pela ótica ocidental, mas considerando a diversidade de pontos de vista e expectativas das pessoas locais, uma vez que a noção dominante de criatividade pode variar de cultura para cultura. Em um mundo interconectado, as diferenças culturais é que irão promover os insights necessários para a construção de uma prática educacional na comunidade global do século XXI (NEWTON; NEWTON, 2014).

Newton e Newton (2014) observam que os professores precisam oferecer oportunidades para que todos os alunos desenvolvam as habilidades de pensamento criativo, resolução de problemas e pensamento crítico. Esta dinâmica pode ocorrer através do uso de analogias, da adaptação de ideias, buscando alternativas diversas para um mesmo problema, levantando questões e deixando os alunos procurarem soluções não convencionais, justificando suas escolhas, pesando evidências e apontando suposições desafiadoras. Entretanto, é importante considerar as dimensões cognitiva e afetiva, construindo ambientes e práticas de aula que reflitam os aspectos físicos nos ambientes de aprendizagem e observem as necessidades de desenvolvimento intelectual, social e emocional dos alunos. O efeito do humor e das emoções pode interferir no processo criativo (NEWTON, 2013). A ansiedade pode ocasionar cautela e reduzir a amplitude do pensamento, inibindo a geração de ideias. As tensões em uma tarefa

podem transformar a geração de ideias em uma avaliação crítica, atestando que os humores podem afetar o resultado da experiência (NEWTON, 2014).

Com o aumento da mobilidade e o acesso à informação digital, é natural que os valores e ideias mudem mais rapidamente. Com isso, apesar da criatividade ser vista pelos governos como um meio para alcançar o crescimento econômico, a autoconfiança e o empoderamento, ela também pode gerar tensões como liberdade e controle e sistemas educacionais que oscilam entre a aprendizagem mecânica versus solução de problemas, na determinação dos programas de estudo. No entanto, é clara a necessidade de capacitar os professores para apoiar e nutrir processos criativos em seus alunos. A questão agora é como os professores podem adquirir esse conhecimento e habilidade. O fornecimento de formação adequada e formalmente credenciada precisará ser abordado (NEWTON; NEWTON, 2014).

Uma abordagem científica versando sobre criatividade e como desenvolvê-la tem sido utilizada para desenvolver uma nova estrutura curricular nos EUA. Uma conceitualização da criatividade envolve distinguir o pensamento convergente e divergente, a saber:

1. o pensamento convergente segue um processo para chegar a uma solução para um determinado problema;
2. o pensamento divergente explora muitos caminhos possíveis para a solução de um problema.

O pensamento divergente tem sido a tendência de escolha e vem sendo adotado na maioria dos programas de fomento à criatividade. Ele pode ser definido em termos de: fluência, operacionalizada como o número de respostas a um problema; flexibilidade, como número de diferentes tipos de resposta; e originalidade dos processos cognitivos, que se traduz em singularidade da abordagem. E, apesar da maior parte da literatura acessível se concentrar em alunos do ensino fundamental, já foi constatado que o pensamento divergente encontra maior capacidade de envolvimento junto a alunos com mais idade (MADEN et al., 2013). A criatividade precede a inovação conectando ideias e avanços científicos e facilitando o processo de inovação, o qual as converte em algo original agregando valor à sociedade (WECHSLER, 2004).

O progresso não decorre apenas da tecnologia avançada, mas do interesse do indivíduo de empurrar seus limites pessoais desenvolvendo novas metodologias de forma inovadora, enfatizando uma prática criativa em qualquer campo de atuação. A abordagem divergente das Artes pode ajudar a desenvolver melhor as habilidades STEM, além de criar um novo foco de interesse para o aprendizado destas disciplinas (LAND, 2013). Nesta mesma linha de pensamento, Robert Root-Bernstein demonstrou em uma pesquisa científica sobre laureados do Prêmio Nobel no campo da ciência, com um recorte no período entre 1902 a 2005, que a maioria dos gênios científicos era também proficiente nas artes (ROOT-BERNSTEIN, 2015).

A era da Internet e o surgimento das novas tecnologias do século XXI, mudaram drasticamente as nossas habilidades de aprendizado. É imperativo saber trabalhar colaborativamente dentro de uma inteligência coletada, participar de redes sociais, negociar as diferenças culturais e navegar em dados contraditórios disponíveis (ANDERSON-INMAN, 2009).

### ***Criatividade na escola***

Face à compreensão de que os impulsionadores econômicos e sociais do século XXI estão atrelados à criatividade e ao pensamento crítico, estes discursos vêm se tornando dominantes no ambiente acadêmico. Entretanto, tanto os formuladores de políticas quanto os educadores ainda não estão seguros quanto às noções sobre o que é criatividade na educação e como aplicá-la de maneira eficaz. Debates, dilemas e tensões se desenrolam para além de fronteiras nacionais e internacionais, porém o que se verifica é que esta pauta veio para ficar. Em função disso, caminhos para mudança educacional com a centralização de capacidades criativas no ensino e na aprendizagem, como empregado na educação STEAM, são oferecidos. Os desenvolvimentos pedagógicos mais significativos na aprendizagem do século XXI deslocam o foco da especialização de habilidades para maneiras de ensino que fundem artes, ciências, domínios da matemática e humanidades, aumentando os potenciais de aprendizagem, criatividade e mentalidade de crescimento adaptativo nos aprendizes (HARRIS e de BRUIN, 2018).

Os processos de inovação se dão de maneiras distintas em países desenvolvidos e países emergentes em função, principalmente, da maior distância da fronteira do conhecimento em que atuam as empresas de países avançados, líderes em processos inovadores, dado o potencial de investimento em inovação que determinam as tendências e rotas tecnológicas. Na retaguarda deste processo, os países em desenvolvimento buscam equiparar-se através do domínio de técnicas e absorção de tecnologias maduras, já exploradas pelos primeiros (ARBIX, CONSONI, 2011). Diante desta constatação, os autores Arbix e Consoni (2011) se perguntam “Qual o lugar da Universidade Brasileira em relação ao estímulo de geração e difusão de inovação na economia e na sociedade?” Segundo os autores, as Universidades brasileiras parecem não manter a mesma sintonia com os esforços que o País faz para se desenvolver. A universidade, no mundo todo, vive uma nova revolução acadêmica onde ensino e pesquisa andam juntos, com forte atuação de transferência de conhecimento para a sociedade (ARBIX; CONSONI, 2011).

A educação STEAM tem sido proposta como uma alternativa para a resolução de problemas relevantes que a contemporaneidade enfrenta, com o propósito de resolver estas questões com habilidades criativas e colaborativas, que aumentem o interesse e o engajamento nos campos STEM. Entretanto, apesar do interesse na disseminação global desta metodologia, faltam pesquisas sobre sua eficácia e formas de avaliação que respaldem esta proposta (HERRO et al., 2017).

Como opção metodológica, este estudo pode ser classificado como um estudo bibliográfico e, também, uma investigação dentro de uma abordagem qualitativa com propósito exploratório e de natureza aplicada, uma vez que resultou em um seminário.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos a pesquisa partiu da seguinte estrutura: (1) Pesquisa bibliográfica em livros, artigos, periódicos, revistas, jornais e Web, (2) Pesquisa documental: elaborada a partir de material que não recebeu tratamento analítico, (3) Elaboração de um seminário como produto final do trabalho e (4) Pesquisa de satisfação do produto final mensurada através de escala de Likert.

O seminário, envolvendo os conceitos levantados nesta pesquisa, foi apresentado para as turmas de graduação de 2º e 4º períodos de Ciência Ambiental da Universidade Federal Fluminense \_ UFF/Niterói e turmas de graduação de períodos diversos dos cursos de Engenharia da Universidade Federal Fluminense \_ UFF/Rio das Ostras, no evento anual da Semana de Engenharia. Nestas ocasiões foi abordado como a subjetividade das artes pode contribuir nos processos de inovação. A amostra para a elaboração da conclusão deste trabalho contou com um universo de 40 participantes, na faixa etária entre 18 e 37 anos.

Ao final da palestra os alunos, divididos em grupos, participaram de uma dinâmica com aplicação dos conceitos apresentados no seminário e responderam a um questionário de avaliação do conteúdo, medido através de uma escala de Likert, que serviu como baliza para a conclusão do trabalho.

## **Resultados e Discussões**

Procedeu-se uma pesquisa documental buscando abranger todos os aspectos que deram origem ao movimento em direção à proposição de uma nova educação para enfrentar o ritmo acelerado dos avanços tecnológicos. Partindo do pressuposto que atravessamos a passagem para uma nova era, quando falamos da transição da era da informação para a era da inovação foi apresentado um panorama da aceleração do tempo que os meios tecnológicos proporcionaram a toda a humanidade e a preocupação com este fenômeno, de maneira que os indivíduos possam dar conta de toda essa informação. Atrelado a este fato, observamos a preocupação dos Países em conectarem-se a essas mudanças buscando formas de suprir o descompasso entre a oferta de trabalho nas áreas STEM, que habilitaria os indivíduos para este enfrentamento, e os desafios que ameaçam a nossa capacidade de recrutar, treinar e reter essa força de trabalho.

Num esforço para fazer jus a esse desafio, sob o acrônimo STEAM, aproximando e associando as artes na educação científica, as estratégias implementadas vêm apresentando



um bom desempenho no complemento à pedagogia convencional, fomentando a criatividade e o pensamento inovador nos formandos. No intuito de atender às exigências de competência, vários estudos vêm sendo implementados como forma de medir os esforços empregados em direção as habilidades prementes, composta pela estrutura subdividida como “criatividade e inovação”, “pensamento crítico e resolução de problemas” e “cooperação e comunicação”.

A dinâmica holística do cérebro vem sendo enfatizada em novas pesquisas nas áreas de fisiologia e neurologia, para uma abordagem mais integrada no desenvolvimento da atividade humana, de forma a obter a máxima funcionalidade. Isto se reflete na sociedade quando uma equipe colaborativa e dinâmica torna-se capaz de olhar para um mesmo problema sob diversos prismas e critérios de decisão, criando valor e inovação, deixando à mostra que a proficiência técnica apenas, não basta mais para se obter sucesso em atividades profissionais. Neste aspecto a Educação STEAM tem se mostrado apta como meio de apoio ao progresso científico, estendendo seu alcance às empresas e a sociedade.

### **Elaboração do Seminário**

Tomando como base a pesquisa documental, o seminário intitulado “A SUBJETIVIDADE DAS ARTES COMO ALIADA NOS PROCESSOS DE INOVAÇÃO” foi elaborado como forma de demonstrar a contribuição do pensamento artístico incorporado ao pensamento gerencial, como facilitador nos processos de inovação. O seminário se propôs a apresentar a metodologia e, através de uma dinâmica, possibilitar aos alunos a experiência das habilidades de implementação de soluções criativas na resolução de um problema apresentado pela mediadora. Construído em 3 módulos distintos, sua estrutura e conteúdo são relatados a seguir:

O primeiro módulo discorre sobre o Desenvolvimento de Competências para o Século XXI, que vêm abarcar a Visão Sistêmica, Autonomia e Criatividade. Cada um destes itens é explicado de maneira a introduzir os desafios para o novo século, apontando os componentes subjacentes para ensinar os alunos a inovar, pensar criticamente e atuar com criatividade na resolução de problemas do mundo real.

O segundo módulo aborda diretamente a metodologia STEAM – Ciência+Tecnologia+Engenharia+Artes+Matemática, explicando que o propósito da Educação STEAM não é de ensinar arte, mas de capacitar os alunos a entender como usar o pensamento artístico no enfrentamento dos desafios de inovação e responsabilidade no século XXI.

No terceiro módulo é dado foco à Criatividade, com intuito de mostrar o potencial criativo que todos temos, as barreiras que impedem a manifestação da criatividade e algumas técnicas para desenvolver o pensamento criativo.

### **Dinâmica**

Ao final do seminário, logo após a apresentação da palestra, com o objetivo de promover a reflexão e experimentação da estratégia apresentada no seminário para resolução de um determinado problema de forma colaborativa e criativa, a palestrante levantou um problema atual e comum a todos da nossa sociedade. Tornando claro o assunto da polarização de opiniões políticas, que divide a sociedade brasileira atualmente, a palestrante apresentou 2 vídeos que tratavam do tema EQUILÍBRIO, sob ângulos diferenciados e sem conotação política. A partir daí foi solicitado que cada grupo formulasse exemplos de situações em que o EQUILÍBRIO estivesse presente, excluindo-se a formulação mais óbvia do assunto, que no caso seria a política partidária, mas que tangenciasse suas próprias experiências, preocupações ou interesses. Seguem abaixo os relatos obtidos na experimentação:

#### **1º grupo**

UFF Niterói - 08/10/2019 \_ turma de Ciências Exatas e Ambiental

Amostra: 34 alunos do 2º e 4º períodos da graduação

Divisão dos participantes: 4 grupos de 8 a 9 alunos

O primeiro grupo evocou a questão ambiental, sugerindo pensar a respeito do paradoxo

que envolve a questão: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É POSSÍVEL? Esta reflexão traz em seu contexto duas premissas aparentemente contraditórias que apontam para uma ação de equilíbrio.

O segundo grupo tratou do tema abordando pontos de vista diferenciados ou divergentes, criando uma terceira possibilidade espontânea e natural como resultado, remetendo ao MÉTODO ABDUTIVO ou Lei da Liberdade. A abdução é parte integrante de qualquer processo de inovação como a fase central da invenção. Charles S. Pierce foi um dos primeiros a reconhecer a importância deste método na ciência denominando-a inferência abductiva (CHIBENI, 1996).

O terceiro grupo refletiu sobre o acrônimo STEAM, demonstrando o entendimento de que a própria nomenclatura da metodologia lida com 2 vertentes de pensamento divergentes, o que acarreta um equilíbrio epistemológico desde o enunciado.

O quarto grupo fundamentou sua explicação na questão do MOVIMENTO. O PRÓPRIO MOVIMENTO COMO GERADOR DE EQUILÍBRIO, autocorrigindo os desvios em seu curso através da persistência no avanço.

### ***Análise dos Resultados da Dinâmica na UFF Niterói***

Nesta amostra cada grupo trabalhou em conjunto de forma cooperativa e todos chegaram a respostas bastante diferenciadas para a conclusão do desafio, encontrando caminhos próprios e originais. O método promove o protagonismo dos participantes depositando confiança nos grupos e nos indivíduos que formam os grupos, fomentando a criatividade e a automotivação. Cada grupo apresentou seu trabalho para os colegas, apontando onde a questão do equilíbrio se impunha. O resultado apontou soluções múltiplas para um problema proposto, com cada grupo articulando sua própria interpretação do problema através da exploração de possibilidades e construindo sua própria aprendizagem através do processo de tomada de decisão, da mesma maneira que a licença artística opera.

#### **2º grupo**

UFF Rio das Ostras - 24/10/2019 \_ Ciências Exatas - Semana de Engenharia.

Amostra: 6 participantes

1 grupo com 6 participantes

Em função de contarmos com apenas 6 participantes, optou-se por discutir dentro do próprio grupo várias vertentes para um mesmo problema apresentado. O grupo desta amostra tomou a decisão de ponderar sobre a temática envolvendo o Rural e o Urbano e suas ramificações. Em função de ser um único grupo, o olhar foi direcionado a cada caminho apontado e seus desdobramentos. Dentre as discussões foram abordadas as seguintes premissas:

1. Não se deve colocar em caixas o tratamento do rural e do urbano, resguardando-se a natureza diferenciada e própria de cada localidade, o que significa originalidade. É preciso diminuir as diferenças na atenção dispensada às pequenas e grandes cidades.

2. Foi levantada a questão da tendência do PEGUE E PAGUE. Prática recorrente nas Universidades, baseada na confiança, já encontra adeptos em estabelecimentos comerciais das grandes cidades. Foi citado um exemplo de uma cafeteria no centro do Rio de Janeiro que adota esta prática incomum, onde o cliente pega o café e paga o quanto puder/quiser, o que representa um extremo contrário ao comportamento vigente, onde o controle, a vigilância e a punição é que dão conta de fazer o sistema funcionar. Ponderou-se que a ideia parece ter mais sentido em pequenos agrupamentos de pessoas, onde a relação de confiança é estabelecida pela maior facilidade de conhecimento entre as pessoas envolvidas. Nas grandes cidades esta iniciativa parece apostar numa forma de autoeducação, solidariedade e empatia, mas ainda causa estranheza.

3. O paradigma da individualidade exacerbada nas grandes cidades, como reflexo de eficiência no modelo capitalista, foi tratado como um paradoxo para o século XXI.

4. Reportando às diferenças sociais nos agrupamentos tanto rurais quanto urbanos,

pensou-se na viabilização eficiente das sobras de alimentos dos estabelecimentos comerciais que, mesmo frente à miséria e a fome, são descartados como lixo.

5. Por fim, apontando como um caminho em direção ao equilíbrio, a conclusão do coletivismo suplantando o individualismo exacerbado do século passado, como uma nova vertente para os desafios da contemporaneidade.

### **Análise dos Resultados da Dinâmica na UFF Rio das Ostras**

Nesta amostra, o grupo trabalhou em conjunto de forma cooperativa e explorou o tema elencado, encontrando caminhos próprios e originais. O método promove o protagonismo dos participantes depositando confiança nos grupos e nos indivíduos que formam os grupos, fomentando a criatividade e a automotivação. Após a tomada de decisão em torno do tema a ser discutido, em todas as frentes exploradas nas discussões houve a preocupação latente de alinhar-se com a questão do equilíbrio. O resultado apontou vários olhares para o tema decidido pelo grupo, com cada indivíduo articulando sua própria visão do problema através da exploração de possibilidades. Neste grupo pôde-se observar a dinâmica de discussão dentro do grupo e notar-se que funciona da mesma maneira que na comparação entre os grupos. Ao invés de explorar uma premissa por grupo, após a tomada de decisão sobre o tema a ser desenvolvido, o grupo explorou várias premissas para um mesmo tema elencado, tendo a preocupação de desenvolvê-las dentro da temática equilíbrio. Mais uma vez, a operação se deu da mesma forma livre e autônoma em que a licença artística se desenvolve.

### **Questionário de Avaliação do Seminário**

Como parte integrante para a conclusão da pesquisa, um questionário de avaliação do seminário foi entregue aos participantes para que avaliassem a proposta apresentada na palestra e experimentada através da dinâmica aplicada. Segue abaixo, na tabela 1 de números absolutos, a compilação dos dados reunindo todo o universo amostral investigado.

**Tabela 1** Total - UFF - feminino e masculino em números absolutos.

RESPOSTAS	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Afirmativa 1	0	0	0	2	14	24	40
Afirmativa 2	2	0	0	2	13	23	40
Afirmativa 3	1	28	7	0	4	0	40
Afirmativa 4	0	0	0	6	19	15	40
Afirmativa 5	0	0	0	0	6	34	40

Fonte: Autora (2020, p.74).

**1. “O conteúdo apresentado no Workshop” A subjetividade das artes como aliada nos processos de inovação”foi importante para mim”,** abarcando os universos feminino e masculino, alcança 95% de concordância, evidenciando que esta afirmativa foi acatada positivamente, demonstrando a relevância do conteúdo apresentado.

**2. “Acredito no potencial que a metodologia STEAM pode mover no caminho da inovação”,** a oscilação apontada no universo masculino se faz presente. Entretanto, no universo amostral total os índices de discordância caem a níveis de significância bem menores, incidindo um nível de relevância da proposição em torno de 91%, o que ratifica que a amostra acredita que a metodologia apresentada tem potencial e pode contribuir para os processos de inovação.

**3. “Na minha opinião este conteúdo não é importante para meu aprendizado”,** que serviu de contraprova das afirmativas anteriores, apresenta um índice de discordância da afirmativa de 88%, ratificando que o conteúdo apresentado no seminário foi importante para a

visão da grande maioria dos participantes.

4. ***“As referências usadas são claras e percebi outra perspectiva na forma de resolver problemas na vida real”***, a oscilação no índice de concordância também diminui, e a aprovação com percentual de 85% demonstra que o conteúdo foi transmitido com adequação e clareza, contribuindo com uma nova perspectiva de enfrentamento dos problemas na visão da grande maioria da amostra.

5. ***“A criatividade é um recurso crítico para a construção de uma sociedade pós-industrial mais consciente e atuante nos problemas que afligem a humanidade”***, ratifica as respostas apresentadas nos segmentos feminino e masculino separadamente, com 100% da amostra apontando as gradações mais altas da escala, além do que, a de maior peso responde por 85% do universo total. Isto confirma a absoluta propriedade da sentença junto à amostra e enaltece a importância da criatividade na solução dos problemas reais e desafios do século XXI, na visão dos entrevistados.

**Tabela 2** Pontuação percentual final atingida.

AFIRMATIVAS	PONTUAÇÃO ALCANÇADA	META	PERCENTUAL ATINGIDO
1	182	200	91%
2	173	200	87%
3	176	200	88%
4	169	200	85%
5	194	200	97%

**Fonte:** autora (2020, p.80).

Com base na pontuação alcançada englobando os universos feminino e masculino, observamos que, conforme Perignat e Buonincontro (2019) afirmaram, há um reconhecimento generalizado de que esta prática inclui um foco palpável de recompensas intrínsecas, que ajudam o aluno a resolver problemas reais, perseverar por meio do fracasso e experimentar o processo criativo.

Enfocando especificamente a educação no campo da engenharia e tecnologia, Connor, Karmokar e Whittington (2015), no artigo intitulado “Do STEM ao STEAM: Estratégias para Aprimorar a Educação em Engenharia e Tecnologia”, afirmam que há grande e clara evidência que o envolvimento ativo dos estudantes em sua própria aprendizagem produz níveis de compreensão, retenção e transferência de conhecimento maior do que os métodos tradicionais de ensino pautado em palestras (CONNOR; KARMOKAR; WHITTINGTON, 2015).

Analisando os resultados da segunda afirmativa ***“Acredito no potencial que a metodologia STEAM pode mover no caminho da inovação”*** foi visto que, conforme apurado pelos autores Guyotte *et al.*, 2015, a abordagem colaborativa STEAM promove nos alunos a consciência de seus processos criativos e como podem ser considerados em outros contextos e em projetos de grupo, facilitando aos indivíduos a reflexão sobre seu próprio processo criativo. O processo de análise visual-verbal oferece uma lente ímpar para explorar as experiências vividas pelos alunos. Noções de criatividade colaborativa e empatia fornecem uma perspectiva única sobre o STEAM. Experiências em contextos em que a investigação, a colaboração, a empatia e a criatividade são empregadas criam espaços de troca vibrantes e evocativos onde os alunos ganham muito mais em espaço de aprendizagem (GUYOTTE *et al.*, 2015).

Frente à afirmativa 4 ***“As referências usadas são claras e percebi outra perspectiva na forma de resolver problemas na vida real”***, apesar do resultado desta apuração ter sofrido a maior oscilação, impactada principalmente pelo grupo masculino, ainda assim se manteve em um nível de excelência. Isto corrobora com a afirmação de Thuneberg, Salmi e Bogner (2018), de que a metodologia STEAM fomenta nos alunos o interesse e compreensão em tecnologia

científica e a capacidade de resolver problemas no mundo real, sendo uma educação mais responsiva, dinâmica e inclusiva.

Na última afirmativa que diz *“Criatividade é um recurso crítico para a construção de uma sociedade pós-industrial mais consciente e atuante nos problemas que afligem a humanidade”*, a qual alcançou o maior percentual de concordância com 97% de adesão, remete ao resultado da Conferência da UNESCO em 2006, onde foram estabelecidas as competências criativas do século XXI, que lançou um foco sobre a criatividade como solução para os problemas globais. Considerando-se a diversidade de pontos de vista e expectativas das culturas locais, prevaleceu a noção dominante de que a criatividade pode variar de cultura para cultura mas que, em um mundo interconectado, as diferenças culturais é que irão promover os *insights* necessários para a construção de uma prática educacional na comunidade global do século XXI (NEWTON & NEWTON, 2014).

### Considerações Finais

No Rio de Janeiro no Museu do Amanhã, em agosto de 2019 e na Cidade das Artes, em setembro de 2019, ocorreu novamente um evento chamado Educação 360 STEAM. Há 6 anos esta plataforma leva o debate sobre educação a um novo patamar no Brasil, reunindo pensadores nacionais e internacionais que apresentam uma grande diversidade de olhares sobre o tema. Este evento discute um modelo educacional baseado na integração de disciplinas das ciências exatas e das artes, demonstrando que a tecnologia precisa estar a serviço da educação, e não o contrário. A tecnologia deve facilitar o processo criativo, instigando o aluno a produzir conteúdo ao invés de somente reproduzir informações, tomando o lugar de protagonista em sua própria educação. Os alunos passam a produzir cultura e conhecimento, em vez de se tornarem meros consumidores de informação. Este evento compartilha propostas inovadoras e bem-sucedidas, oferecendo oficinas *makers*, *workshops* e palestras, com apoio de diversas empresas e instituições, tais como UNICEF e UNESCO. Os debates enaltecem como o aprendizado e o mercado de trabalho têm se modificado a partir da integração destas disciplinas, a partir de métodos inovadores e relatos de experiências bem sucedidas no Brasil e no exterior, mostrando como isto vêm impactando de forma positiva o aprendizado e o mercado de trabalho. Como problematizado neste estudo, o progresso não decorre apenas da tecnologia avançada e da chegada de novos equipamentos, mas do interesse do indivíduo de empurrar seus limites pessoais desenvolvendo novas metodologias de forma inovadora, enfatizando uma prática criativa em qualquer campo de atuação.

### Referências:

- AMABILE, T.M.; KHAIRE, M. Criatividade e o papel do líder. **Harvard Business Review Brazil**, v. 86, n. 10, p. 58-67, 2008
- ANDERSON-INMAN, L. Thinking between the lines: literacy and learning in a connected world. **On the Horizon**, v. 17, n. 2, p. 122-141, 2009.
- ARBIX, G., CONSONI, F. Inovar para transformar a Universidade Brasileira. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*- RBCS, v. 26, nº 77, 205-251, 2011.
- AZEVEDO, A.C.; ARAUJO, M.D.F. Recursos didáticos alternativos como meios estimuladores de aprendizagem: reflexões a partir da experiência na residência pedagógica 1 2. **Humanidades & Inovação**, revista do programa de Pós-Graduação em Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas e Linguística, Letras e Artes da UNITINS, Palmas -TO, v.7, n.8, p.156-164, março, 2020.
- BOKULICH, A. Heissenberg meet Kuhn: closed theories and paradigms. **Philosophy of Science**, 73, p. 90-107, 2006.
- BOYACI, Ş.D.B.; ATALAY, N. A Scale Development for 21st Century Skills of Primary School Stu-



dents: A Validity and Reliability Study. **International Journal of Instruction**. v. 9, n. 1, p. 133-148, jan. 2016.

*BROWN, T. Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Tradução Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.*

CHIBENI, S.S. A inferência abdução e o realismo científico. UNICAMP. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, série 3, v. 6, n. 1, p. 45-73, 1996. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/public/abdrea.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2019

CONNOR, A.M.; KARMOKAR, S.; WHITTINGTON, C. From STEM to STEAM: Strategies for Enhancing Engineering & Technology Education. **iJEP**, v. 5, n. 2, p. 37-47, 2015.

DE COSSÍO, M.G.Z.; MORALES ZARAGOZA, N.A. El pensamiento proyectual sistêmico y su integración en el aula. **Cuaderno**, Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, n. 49, p. 91-104, 2014.

FRIGGO, C.; SILVA, G.V.; BARROS, S.R.S. **Educação Integrada STEAM: A subjetividade das artes como aliada nos processos de inovação do século XXI** / Cristiane Friggo; Guido Vaz Silva, orientador / Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal Fluminense. Niterói, 122f, 2019.

GONZALEZ, F.G.; PALEARI, L.M. O ensino da digestão-nutrição na era das refeições rápidas e do culto ao corpo. **Ciência & Educação: revista do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP, Bauru-SP**, vol.12, n.1, p.13-24, jan.-abr. 2006.

GUYOTTE, K.W.; SOCHACKA, N.W.; COSTANTINO, T.E.; KELLAM, N.; KELLAM, N. N.; WALTHER, J. Collaborative creativity in STEAM: Narratives of art education student's experiences in transdisciplinary spaces. **International Journal of Education & the Arts**, v. 16, n. 15, p. 1-39, 2015.

HARRIS, A.; DE BRUIN, L.R. Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. **Journal of Educational Change**, v. 19, n. 2, p. 153-179, 2018.

HERRO, D.; QUIGLEY, C.; ANDREWS, J.; DELACRUZ, G. **Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities**. International Journal of STEM Education, v.4, n. 1, p. 1-12, Dec. 2017.

IMMERMAN, S.D. Letting off "STEAM" at Montserrat College of Art. **New England Journal of Higher Education**. 2011. Disponível em: <https://nebhe.org/journal/letting-off-steam-at-montserrat-college-of-art/>. Acesso em: 04 fev. 2019.

ITO, J.; HOWE, J. **Disrupção e Inovação: como sobreviver ao futuro incerto**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

KWACK, J. **Connecting the Dots: Mapping STEAM in K-12 Education**. 2014. Masters Thesis in Art and Design Education in Teaching and Learning in Art and Design. RISD, 2014.

LAND, M.H. Full STEAM Ahead: Benefits of Integrating the Arts Into STEM. **Procedia Computer Science**, Baltimore, MD, v.20, n. 3, p.547-552, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913011174> . Acesso em: 23 jan. 2019.

LEVY, F.; MURNANE, R. How computerized work and globalization shape human skill demand, IPC. **Working Paper** series MIT-IPC-05-006, Massachusetts Institute of Technology. 2005.

LICHT, C.N. Abordagem sistêmica nos processos de Gestão Humana. *Revista EAN*, Bogotá, n. 74, p. 120-137, Enero - Julio 2013.

MADDEN, M. E.; BAXTER, M.; BEAUCHAMP, H.; BOUCHARD, K.; HABERMAS, D.; HUFF, M.; LADD, B.; PEARON, J.; PLAGUE, G. Rethinking STEM Education: an interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, p.541– 546, 2013.

MISHRA, P.; HENRIKSEN, D.; CAIN, W.; FAHNOE, C.; KERELUIK, K.; TERRY, C.; TERRY, L. A New Approach to Defining and Measuring Creativity: Rethinking Technology & Creativity in the 21st Century. *TechTrends*, v. 57, n. 5, p. 10-13, 2013.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2006.

NEWTON, D.P. **Moods, emotions and creative thinking: A framework for teaching**. Thinking Skills and Creativity. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871187112000454?via%3Dihub> . Acesso em: 04 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **Thinking with feeling: Fostering productive thought in the classroom**. London: Routledge, 2014.

\_\_\_\_\_. NEWTON, L.D. Creativity in 21st- Century Education. *Prospects*, v. 44, p. 575-589, 2014.

PERIGNAT, E.; KATZ-BUONINCONTRO, J. STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, p. 31–43, 2019.

RIBEIRO, J. P. M. Práticas alternativas e interdisciplinares no ensino de ciências: o caso de uma disciplina eletiva. *Humanidades & Inovação*, revista do programa de Pós-Graduação em Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas e Linguística, Letras e Artes da UNITINS, Palmas-TO, v.7, n.8, p. 55-67, Março 2020.

ROOT-BERNSTEIN, R. Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. *Asia Pacific Education Review*, v. 16, n. 2, p. 203–212, 2015.

SANTOS, S.S.C.; HAMMERSCHMIDT, K.S.A. A complexidade e a religação de saberes interdisciplinares: contribuição do pensamento de Edgar Morin. *Rev. Bras. Enferm. REBEn*, Brasília, v. 65, n. 4, p. 561-5, jul./ago. 2012.

SEGARRA, V.A.; NATALIZIO, B.; FALKENBERG, C.V.; PULFORD, S.; HOLMES, R.M. STEAM: Using the Arts to Train Well-Rounded and Creative Scientists. *Journal of Microbiology & Biology Education*, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2018.

STEWART, V. A classroom as wide as the world. In: JACOBS, H. H. **Curriculum 21: Essential Education for a Changing World**. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2010. p. 97-111.

TALJAARD, J. A review of multi-sensory technologies in a Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) classroom. *Journal of Learning Design*, v. 9, n. 2, p. 46-55, 2016.

THUNEBERG, H.M.; SALMI, H.S.; BOGNER, F.X. How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking*

**Skills and Creativity**, v. 29, p. 153–160, Sept. 2018.

VASCONCELLOS, M.J.E. Pensamento Sistêmico: uma epistemologia científica para uma ciência novo-paradigmática. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS: “Despertando a consciência para a visão sistêmica: perspectivas para o século XXI”, 1, 2005, Ribeirão Preto. **Anais ...** FEARP/USP de Ribeirão Preto, 2005. Disponível em: <http://legacy.unifacef.com.br/quartocbs/arquivos/14.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2019.

WATSON, A.D.; WATSON, G.H. Transitioning STEM to STEAM: Reformation of Engineering Education. **Journal for Quality and Participation**, v. 36, p. 1-4, 2013. Disponível em: <http://asq.org/quality-participation/2013/10/bonus-article-transitioning-stem-to-steam-reformation-of-engineering-education.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2019.

WECHSLER, S.M. **Avaliação da criatividade por figuras e palavras: testes de Torrance** - versão brasileira. 2. ed. rev. Campinas: Lamp/ Impressão digital do Brasil. 2004.

WILMARTH, S. Five socio-technology trends that change everything in learning and teaching. *In*: JACOBS, H.H. Curriculum 21: **Essential education for a changing world**. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. 2010. p. 80-96.

YAKMAN, G. **Developing STEAM Education to Improve Students’ Innovative Ability** - An Interview with Prof. Georgette Yakman, a Famous American STEAM Educator. Entrevista. MOOC 09-10-2016. Disponível em: <http://www.duxuan.cn/doc/26649688.htm>. Acesso em 23 jan. 2019.

\_\_\_\_\_. “STEAM Education: **An Overview of Creating a Model of Integrative Education**”. 2008. Disponível em: [http://www.steamedu.com/html/about\\_steam\\_education.html](http://www.steamedu.com/html/about_steam_education.html). Acesso em: 23 jan. 2019.

Recebido em 09 de junho de 2020  
Aceito em 25 de junho de 2021