



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Educação

VIVIANE CRISTINA MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE UM TUTOR VIRTUAL INTELIGENTE
ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA
CONTRIBUIR NO ENSINO DE CIÊNCIAS BASEADO NO
MOVIMENTO STEAM**

**DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT VIRTUAL TUTOR THROUGH
THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CONTRIBUTE TO
TEACHING SCIENCES BASED ON THE STEAM MOVEMENT**

Campinas
2021

VIVIANE CRISTINA MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE UM TUTOR VIRTUAL INTELIGENTE
ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA
CONTRIBUIR NO ENSINO DE CIÊNCIAS BASEADO NO
MOVIMENTO STEAM**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Educação Escolar da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Educação Escolar, na Área de Educação Escolar.

Orientador: Sergio Ferreira do Amaral

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA VIVIANE CRISTINA MARQUES, E ORIENTADA PELO PROF. DR. SERGIO FERREIRA DO AMARAL.

Campinas
2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação
Rosemary Passos - CRB 8/5751

M348d Marques, Viviane Cristina, 1986-
Desenvolvimento de um tutor virtual inteligente através da utilização da Inteligência Artificial para contribuir para o ensino de Ciências baseado no movimento STEAM / Viviane Cristina Marques. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Sergio Ferreira do Amaral.
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Inteligência artificial. 2. Ciências (Ensino fundamental) - Estudo e ensino. 3. Ambiente virtual de aprendizagem. I. Amaral, Sergio Ferreira do, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Development of an intelligent virtual tutor through the use of Artificial Intelligence to contribute to teaching Sciences based on the STEAM movement

Palavras-chave em inglês:

Artificial Intelligence

Science (Elementary school) - Study and teaching

Virtual learning environment

Área de concentração: Educação Escolar

Titulação: Mestra em Educação Escolar

Banca examinadora:

Sergio Ferreira do Amaral [Orientador]

Mônica Cristina Garbin

Karla Isabel de Souza

Data de defesa: 09-06-2021

Programa de Pós-Graduação: Educação Escolar

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-6035-5212>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/6281108205962828>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM TUTOR VIRTUAL INTELIGENTE ATRAVÉS DA
UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA CONTRIBUIR PARA O
ENSINO DE CIÊNCIAS BASEADO NO MOVIMENTO STEAM**

Autora: Viviane Cristina Marques

COMISSÃO JULGADORA:

Sergio Ferreira do Amaral

Mônica Cristina Garbin

Karla Isabel de Souza

A Ata da Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

2021

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa aos estudantes, especialmente, minha sobrinha que me ajuda a pensar “fora da caixa” e aos professores que me inspiram a buscar sempre soluções inovadoras para uma educação com mais qualidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me agraciar com a oportunidade de realizar essa pesquisa e me dar sabedoria em todos os momentos. Aos meus pais, Sebastião e Edite, por me apoiarem nessa jornada e me incentivarem a sempre seguir em frente. A minha sobrinha, Giovanna, por estar sempre ao meu lado e querer ser uma cientista como a tia. E, a minha irmã, Tatiane, por sempre me ajudar e proporcionar momentos de estudos prazerosos preparando um ambiente acolhedor e agradável.

Agradeço, imensamente, o meu orientador, Professor Doutor Sérgio Ferreira do Amaral, por me orientar e compartilhar o desejo de sempre proporcionar a implementação das tecnologias no contexto educacional, principalmente, na educação pública. E, sempre estar disponível para me atender.

Gostaria de agradecer ao Luiz César pelo norteamento das ferramentas a serem utilizadas para o desenvolvimento do assistente virtual e ao Flávio Yamamoto pelas conversas sobre as possíveis aplicações e o incentivo de desenvolver sistemas para a sociedade, além de acreditar que seria possível.

RESUMO

Essa pesquisa está direcionada ao desenvolvimento de um assistente virtual com a utilização da inteligência artificial para auxiliar os estudantes e professores na área de Ciências nos anos finais do ensino fundamental, fundamentado na metodologia de aprendizagem baseada em projetos e no movimento STEAM, mas também contextualizado com as competências e habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Neste sentido, tem como função principal contribuir para o ensino por meio da construção de conhecimentos e a alfabetização científica. Para atingir esses objetivos, a pesquisa desenvolveu um ambiente virtual interativo com a utilização de um assistente virtual, onde os estudantes e professores a partir do acesso a um *web site*, poderão obter informações e recomendações sobre temas específicos para o desenvolvimento de projetos na área de Ciências da Natureza. Esta pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica sobre o ensino de Ciências no Brasil e os resultados dos estudantes no PISA, além do estudo teórico da Inteligência Artificial e o desenvolvimento de *chatbots*. Apresenta-se como uma pesquisa qualitativa e exploratória que ocorrerá por meio do desenvolvimento do *chatbot*, para que, assim, seja realizada a alimentação contínua e contextualizada, além da criação de um banco de dados educacional da área de Ciências da Natureza. Dentro deste contexto, obteve como resultado o desenvolvimento de um tutor virtual inteligente, nomeado STEAMBot, com a utilização da inteligência artificial contribuindo para o ensino de Ciências nos anos finais do ensino fundamental.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial; chatbot; STEAM; Ciências; tutor virtual inteligente.

ABSTRACT

This research is directed to the development of a virtual assistant with the use of artificial intelligence to assist students and teachers in the Science area in the final years of elementary school, based on the project-based learning methodology and the STEAM movement, but also contextualized with the competences and skills proposed by the National Common Curricular Base (BNCC). In this sense, its main function is to contribute to teaching through the construction of knowledge and scientific literacy. To achieve these objectives, the research developed an interactive virtual environment using a virtual assistant, where students and teachers through the access and a web site, will be able to obtain information and recommendations on themes and for the development of projects in sciences from nature. This research presents a bibliographic review about science teaching in Brazil and the results of students in PISA, in addition to the theoretical study of Artificial Intelligence and the development of chatbots. It presents itself as a qualitative and exploratory research that will occur through the analysis of the users' interactions with the chatbot, evaluating which competencies and skills are most requested, so that, in this way, continuous and contextualized feeding is carried out, in addition to creating an educational database in Natural Sciences. Within this context, the result was the development of an intelligent virtual tutor, named STEAMBot, with the use of artificial intelligence contributing to the teaching of science in the final years of elementary school.

Keywords: Artificial Intelligence; chatbot; STEAM; Science; intelligent virtual tutor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Definições sobre o que é Inteligência Artificial..	45
Figura 2. Funcionamento simplificado de um assistente virtual inteligente	54
Figura 3. Etapas do modelo ADDIE do projeto	65
Figura 4. Ícone do STEAMBot, nomeado como jovem cientista Biel. Imagem elaborada por: Polyana Cristofolletti Custódio..	69
Figura 5. Ilustração da arquitetura da solução do tutor virtual STEAMBot.	70
Figura 6. Árvore de decisão do chatbot – STEAMBot..	71
Figura 7. Ilustração de algumas intenções criadas no Dialogflow..	73
Figura 8. Página inicial do web site onde está integrado ao chatbot.	76
Figura 9. Abertura da janela de interação do STEAMBot.....	77
Figura 10. Ilustração de uma interação de um estudante com o STEAMBot.....	78
Figura 11. Ilustração da continuidade de uma interação com o STEAMBot.....	79
Figura 12. Modelo da finalização de uma interação.	80
Figura 13. Exemplo de uma interação de um(a) professor(a) com o STEAMBot..	81
Figura 14. Interação com pergunta norteadora no STEAMBot.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Síntese da análise realizada para as habilidades de Ciências da Natureza dos quatro anos finais do Ensino Fundamental presentes na BNCC.	30
Tabela 2. Levantamento cronológico de chatbots para ensino e suas áreas de aplicação.	60
Tabela 3. Intenções relacionadas às habilidades segundo a BNCC.	75

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

IA – Inteligência Artificial

PISA - Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes

PNL – Processamento de Linguagem Natural

STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics

STEM - Science, Technology, Engineering, Mathematics

SUMÁRIO

Introdução	13
1. Memorial de Formação - Sonho de uma Criança	18
1.1. Do chão da quadra para as teclas	19
1.2. E, agora, que raio de professora sou eu?	20
2. Ensino de Ciências no Brasil	21
2.1. O Ensino de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental	22
2.2. Resultado dos estudantes brasileiros na área de Ciências no PISA	24
2.3. Ciências da Natureza nos Anos Finais do Ensino Fundamental e a BNCC	26
3. O movimento STEAM	34
3.1. A utilização da abordagem STEAM com a Aprendizagem Baseada em Projetos	37
3.2. STEAM na área de Ciências da Natureza	41
4. A Inteligência Artificial e a Educação	44
3.3. O que é um chatbot e como é seu funcionamento	49
3.4. Applications Programming Interface (APIs) para o desenvolvimento de chatbot.....	54
3.5. Modelo de chatbot como mediador da aprendizagem.....	57
5. Desenho metodológico da pesquisa	61
5.1. Caminhos trilhados para o desenvolvimento do STEAMBot	62
6. Desenvolvimento do Modelo de Chatbot como Assistente Virtual de Ensino de Ciências - STEAMBot	68
6.1. Características e funcionalidades do STEAMBot.....	72
6.2. Interações com o STEAMBot.....	75
6.3. O STEAMBot e a Metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos e o STEAM	81
Considerações	85
REFERÊNCIAS	88

Introdução

O ensino de Ciências é uma área da educação brasileira que nos últimos anos não apresenta melhora nos resultados da avaliação externa, especialmente no Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA – *Programme for International Student Assessment*), desde o ano de 2015. A aplicação da Inteligência Artificial (IA) está presente na sociedade em diferentes áreas, porém na área educacional ainda é pouco utilizada, principalmente, na educação básica. Neste contexto, verificou-se que o sistema educacional têm a necessidade de se adequar às competências e habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com as habilidades tecnológicas e as de alfabetização científica, além de adaptar-se às novas metodologias ativas, como a metodologia baseada em projetos e o movimento STEAM, um acrônimo das palavras em inglês: *Science* (Ciências), *Technology* (Tecnologia), *Engineering* (Engenharia), *Arts* (Artes) e *Mathematics* (Matemática), para que possam aprimorar o ensino nas áreas com menores resultados nas avaliações.

Dentro desta perspectiva, os profissionais do ensino de Ciências da Natureza, especialmente dos anos finais do ensino fundamental, têm procurado por métodos interpretativos com respostas coerentes às perguntas de como utilizar as ferramentas tecnológicas para contribuir para o ensino e aprendizagem, uma vez que, a aprendizagem não é copiar ou reproduzir a realidade com respostas prontas (FREIRE, 1983). Este pensamento tem relação com o caráter ativo dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, construindo o conhecimento de forma pessoal e relacional em um contexto com elementos significativos em interação dinâmica, tais como os culturais, sociais, filosóficos, psicológicos, digitais entre outros. Assim, no momento que esse processo ocorre, pode-se preferir que o ensino está se efetuando, através de um significado próprio e pessoal nos indivíduos a partir de aspectos que emergem do protagonismo dos estudantes.

Segundo Jimenez-Aleixandre (2008), atualmente, o ensino de Ciências que tem como objetivo à alfabetização científica teria que preocupar-se para que essas ações investigativas, tanto de definição de problemas, quanto de intervenção, acontecesse juntamente com as outras ações com maior frequência. Este processo faz com que os estudantes desfrutem de um contato mais claro com o processo

investigativo, podendo realizar as experiências práticas de acordo com o contexto estudado e aprendendo os conceitos de ciências concomitantemente com as maneiras de avaliar, organizar, legitimar e divulgar conhecimentos nesta área.

As análises de pesquisas acadêmicas e do resultado do PISA de 2018 em ensino de Ciências nos anos finais do ensino fundamental apresentaram baixa proficiência, alcançando a média de 404, sendo que nenhum estudante apresentou resultado acima da média (INEP, 2018). Assim, um dos objetos de estudo de diferentes pesquisadores tem sido a procura de aperfeiçoamento para melhorar o ensino nessas áreas com baixo desempenho (GRAMANI & SCRICH, 2013). Com o desenvolvimento de tecnologias da informação e comunicação, aparece a possibilidade de uma efetiva integração das tecnologias com a educação promovendo o ensino mais dinâmico e eficaz.

Com esses dados é possível compreender que além de incentivar um ensino investigativo e a importância da alfabetização científica, as aulas de Ciências devem levar os estudantes a terem mais contato com os aspectos das competências e habilidades dessa área. O que a análise da BNCC na área de Ciências da Natureza nos mostra é que a apresentação de informações e conceitos são predominantes. Isso é sustentado pelo grande número de habilidades relacionadas ao levantamento, análise e representação (BRASIL, 2018).

Do mesmo modo, a relação das habilidades com as ações investigativas de comunicação teve uma alta incidência listadas nas habilidades da BNCC. Demonstra que o documento favorece a promoção de situações em que os estudantes possam desenvolver habilidades comunicativas. Ao contrário, do pouco aparecimento de habilidades com o objetivo de ação investigativa de intervenção, conclui-se que as situações de ensino não favorecem os estudantes estarem envolvidos com propostas de atividades que proporcionem o protagonismo dos estudantes com ideias, artefatos ou medidas, para desenvolverem o trabalho intelectual em sala de aula.

A IA é sem dúvida o impulso tecnológico do início deste século XXI impactando e transformando, praticamente, todo o setor industrial, social e educacional. Assim, como uma tecnologia emergente, tem muitos potenciais de utilização na área educacional. Para incentivar o desenvolvimento de sistemas que utilizam a IA na área educacional, a UNESCO em 2019 lançou um documento denominado “*Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*”,

o qual discorre sobre a importância de preparar os estudantes para o uso e desenvolvimento de IA (UNESCO, 2019).

Entre essas tecnologias, os sistemas que oferecem interação com linguagem natural e com informações em tempo real, permitem que ocorra o contato com os conteúdos das disciplinas, além de promoverem o apoio durante o processo de ensino, o que propicia não apenas a obtenção de conhecimentos, mas também o desenvolvimento pessoal e a construção de aprendizagens significativas. Assim, os *chatbots* com estas características permitem aos estudantes um processo ativo na educação.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um *chatbot* para contribuir com o ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental, que funcione como um assistente virtual para os estudantes e professores, utilizando a metodologia da aprendizagem por projetos e o movimento STEAM, visando responder as seguintes perguntas: Quais os requisitos para o desenvolvimento de um tutor inteligente destinado ao ensino de Ciências nos anos finais do ensino fundamental? E, de que modo a utilização de um *chatbot*, com recursos de Inteligência Artificial contribui para o ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental, baseado no movimento STEAM?

Assim, os objetivos específicos são: analisar qualitativamente, através de uma pesquisa exploratória, o desenvolvimento de um *chatbot*, utilizando o modelo ADDIE. Além disso, pretende-se analisar quais as necessidades educacionais da área de Ciências da Natureza e de que modo a utilização de um assistente virtual pode contribuir para o ensino e o desenvolvimento de habilidades nessa área, tendo por base o movimento STEAM e a metodologia baseada em projetos.

Dentro deste contexto, Khan et. al. (2011) afirmam que os sistemas especializados na área de IA, vem ajudando na resolução de problemas em diferentes áreas que envolvem o conhecimento, a tomada de decisão e heurísticas em diversas áreas, as quais, pode-se destacar a educação, que para Khanna et al (2010), estão sendo modificadas por estes sistemas, afinal já é possível realizar planejamento educacional, gerenciar registros de estudantes, treinar professores, identificar necessidades de aprendizagem através das habilidades e conhecimentos que existem nos tutores inteligentes que orientam de acordo com a aprendizagem dos estudantes.

Neste sentido, o desenvolvimento de *chatbot* tornou-se importante em nossa sociedade para que a comunicação possa ser feita em qualquer momento, além de reduzirem custos e facilitarem as interações. Esta ferramenta tecnológica está presente em diferentes setores como o comércio eletrônico, *marketing* digital, saúde, empresas financeiras entre outros setores.

Assim, surgiu a necessidade do desenvolvimento de um Assistente Virtual educacional, integrado a um *web site*, com o intuito de auxiliar os estudantes e professores no processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Perspectiva-se que, por meio das interações com o *chatbot*, os usuários sejam incentivados a construir projetos, bem como embasarem teoricamente o tema a ser desenvolvido. Dessa forma, esta pesquisa tem grande relevância social por proporcionar o acesso a informações e a propostas de aprendizagens a todos os estudantes, seja da escola pública ou particular, pois será um recurso educacional aberto que contribui para a melhoria do ensino de Ciências na educação brasileira.

Diante do exposto, o texto foi dividido conforme a necessidade de apresentação do tema a ser abordado para o desenvolvimento do tutor virtual inteligente.

No primeiro capítulo uma narrativa do percurso da pesquisadora, por meio do memorial de formação. Após conhecer o caminho percorrido até essa pesquisa, apresenta-se uma análise contextual do ensino de Ciências no Brasil, os desafios enfrentados para o desenvolvimento de competências e habilidades propostas pela BNCC (BRASIL, 2018). Ainda nesta parte, encontra-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, explicando como ocorre o ensino de Ciências relatados nas pesquisas com as contradições do mesmo para a educação e a sociedade. No final, mostra a relação entre a BNCC e o ensino investigativo, relacionando às habilidades com as características dessa metodologia.

No segundo capítulo disserta-se sobre o movimento STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) e como pode ser desenvolvido na área de Ciências nos anos finais do ensino fundamental, a partir da metodologia de projetos, incluindo pesquisas e projetos que podem ser propostos de acordo com a faixa etária dos estudantes.

Já no terceiro capítulo apresenta-se a concepção da Inteligência Artificial na educação e como os *chatbots* podem ser desenvolvidos. No quarto são apresentados os caminhos metodológicos que foram percorridos para que a pesquisa fosse

realizada. Apresenta-se as etapas da pesquisa desde a revisão bibliográfica, a definição do público-alvo, construção das personas até as metodologias utilizadas para o desenvolvimento do tutor virtual inteligente.

Por fim, no quinto capítulo demonstra-se o tutor virtual inteligente, nomeado STEAMBot, suas características e possíveis interações. Além disso, demonstra-se como a Metodologia baseada em projetos e o movimento STEAM estão presentes no assistente virtual STEAMBot. Para finalizar, apresenta-se as considerações finais desta pesquisa a partir das percepções da autora relativos ao tema desenvolvido e as referências bibliográficas utilizadas. Com o intuito de incentivar a aplicação prática deste tutor virtual inteligente para os estudantes e professores, buscou-se utilizar uma linguagem acessível a professores da educação básica.

1. Memorial de Formação - Sonho de uma Criança

Quando somos crianças é possível sonhar, mas, muitas vezes, os nossos sonhos são motivos de risos por aquelas pessoas que não acreditam que seja possível de se realizar. Assim, inicio meu memorial narrando a minha história. A história de uma menina que com apenas 4 anos de idade, no início da década dos anos 90, iniciou a sua escolarização e queria ganhar de presente de aniversário um computador, mas quando dizia isso, era motivo de risos. Lembrando que as pessoas perguntavam por acharem engraçado uma menina, tão pequena que acabou de ser alfabetizada, já queria ganhar um esse item tão novo e tecnológico, pois era um artigo de luxo nas residências brasileiras. Até mesmo para a professora da Educação Infantil, que achava impossível eu saber mexer em uma máquina inovadora. Mesmo com as indagações se era mesmo este meu desejo e com as afirmações negativas que não era para crianças, continuei insistindo em meu desejo que era ganhar um no presente em seu aniversário de 5 anos.

Mesmo no aniversário de 5 anos não ganhando o tão sonhado computador, não desisti da ideia de ter um.

Assim, seguiu... Até que meus pais dialogaram comigo e decidiram que o computador seria comprado quando eu terminasse um curso de computação. Pedido aceito, e, a espera continuou, até que ao concluir o curso, o grande sonho foi realizado quando tinha 8 anos, afinal não tinham muitas opções de horários para o curso de computação. Aquela máquina era conhecida em todos os seus mínimos detalhes, adorava passar horas realizando trabalhos em frente ao computador, gostava de jogar também, mas o que mais me encantava eram os conhecimentos que haviam por trás daqueles funcionamentos incríveis, aquelas letras que apareciam na tela quando o ligava.

Porém, o espaço virtual não era o único lugar que gostava de estar, a escola era um espaço de troca de saberes, pois estudava em casa, sozinha com meus livros e estudantes imaginários, mas como esquecer de outro lugar especial, a rua com os vizinhos era a extensão da casa. Passavam horas brincando com diferentes brincadeiras, as linguagens corporais e artísticas eram expressas por todos a cada momento brincante. Dessa forma, foi-se construindo a professora de Educação Física, a Pedagoga, a Designer Educacional e a Pesquisadora em tecnologias e, claro, aplicadas a Educação.

E, acredito que esse desejo pelas tecnologias nasceu naquele universo desconhecido ainda na infância, mas se perdurou por toda uma vida que até hoje tem o desejo e o encantamento de pesquisar sobre as mais emergentes tecnologias. Assim, surgiu a pergunta: Como aplicar a Inteligência Artificial na Educação? Agora, estou pesquisando esse tema para desenvolver diferentes artefatos para a educação.

1.1. Do chão da quadra para as teclas

Quando iniciei minha atuação como professora de Educação Física, sempre gostei de atuar com os Anos Iniciais do Ensino Fundamental, assim tive o privilégio de trabalhar durante praticamente dez anos em uma escola com este segmento. Eu gostava de lecionar e brincar com os estudantes, mas sentia que faltava algo a mais naquele universo da Educação Física.

Foi durante um momento que estava pensando em mudanças em minha vida que consegui enxergar que era possível desenvolver duas linguagens dentro da Educação Física. Isso ocorreu quando levei para a Educação Física a criação de jogos digitais através da plataforma do *Scratch*, pois eu não queria que os estudantes apenas consumissem jogos, mas queria que fossem produtores dos seus próprios jogos.

Pensar em algo para levar os estudantes para a sala de informática durante as aulas de Educação Física tinha que ser algo bem fundamentado e interessante para eles. Assim, pensei em um projeto no qual era possível unir as duas linguagens, foi quando surgiu o *Scratch* na Educação Física. Este projeto proporcionou aos estudantes levar para os computadores os jogos praticados nas aulas de Educação Física, assim como, criar e construir jogos digitais para depois experimentar nas aulas.

No começo foi uma tarefa difícil, teve muitas resistências tanto por parte dos estudantes quanto pela gestão, por não conhecerem o projeto em sua totalidade. Mas o tempo foi se passando, o projeto foi sendo aplicado e cada dia nascia ideias maravilhosas transformadas em códigos para depois serem vivenciadas corporalmente. Assim, as minhas duas paixões, digo três, porque são a tecnologia, o brincar e a educação foram tecendo entre si uma teia de conhecimentos que contagiou os estudantes.

Contudo, como uma professora pesquisadora, amante deste mundo tecnológico, decidi não parar neste projeto e fui imergir nas tecnologias emergentes,

da Inteligência Artificial, para trazer para o contexto educacional de forma acessível a todos. Dessa forma, iniciei o estudo na área de educação com Inteligência Artificial.

1.2. E, agora, que raio de professora sou eu?

Após sonhar em ter uma máquina em tempos de crianças, seguir caminhos distintos da tecnologia, atuando como professora de Educação Física e conseguir unir uma linguagem corporal com a digital. Vem em mim esta pergunta: Que raio de professora sou eu?

Responder esta pergunta é um desafio, afinal desde que comecei a atuar como professora de Educação Física, gostava de brincar e ensinar novos conhecimentos sobre o corpo humano para os estudantes. Então, quando sou questionada pelos estudantes onde serão as nossas aulas: na quadra ou no laboratório de informática, percebo que sou uma professora constituída pela linguagem corporal e digital.

Neste sentido, definir que raio de professora eu sou não é tarefa fácil, principalmente, por trabalhar com os estudantes diferentes linguagens. Mas agora com o contexto de pandemia que estamos vivenciando, vejo que sou uma professora que está sempre em busca de inovar e criar que utiliza as tecnologias como ferramentas para alcançar as crianças. As tecnologias são meios para que se possam desenvolver competências e habilidades durante nossa vida.

Essa professora que sempre gostou de tecnologias, hoje pode ver um dos seus sonhos realizados com o desenvolvimento de um assistente virtual inteligente para que os estudantes e professores possam interagir e aprender com ele. Assim, a professora inovadora não para por aqui, afinal a mente está borbulhando de ideias para utilizar esses recursos que trazem tantos benefícios. Vamos seguir em frente para cada dia contribuir mais para uma educação digital com qualidade e inovadora!!!

2. Ensino de Ciências no Brasil

Ciências é uma das disciplinas que permite aos estudantes um ambiente repleto de conhecimentos, em diferentes sentidos para compreenderem o meio em que vivemos (SANTOS, 2016). Dentro deste contexto, Antunes (2010) afirma que a Ciências da Natureza é uma área muito importante por conduzir os estudantes ao pensamento científico e crítico, os quais são estimulados através da investigação de fenômenos. Assim, colabora para o desenvolvimento de argumentos para ajudar na compreensão sobre o mundo, como uma pessoa questionadora e cidadão ativo e questionador na sociedade, a qual atua.

O ensino de Ciências na educação brasileira é, nos dias de hoje, um dos principais desafios enfrentados pelos professores e estudantes da educação básica, pois ainda se têm a preocupação em transmitir os conteúdos programáticos e não os estudantes serem protagonistas de sua aprendizagem. Porém, segundo Sasseron (2018), ensinar é muito mais do que a transmissão do conhecimento do professor para os estudantes, ou seja, ensinar não é utilizar apenas ferramentas para transferir conhecimentos, mas sim para que os estudantes sejam ativos no ensino.

Importante destacar que a disciplina de Ciências da Natureza nos anos finais do ensino fundamental contribui para o aprendizado dos estudantes, pois através dos conhecimentos relativos a essa área conseguem compreender os processos que ocorrem em sua vida, como, por exemplo, os diferentes tipos de misturas, como a eletricidade chega em sua casa e a compreensão dos elementos químicos (PORTO & MARTINS, 2018). Esses conhecimentos construídos nesta etapa da educação são a base para o Ensino Médio e, se desejar, para os cursos universitários desta área (MILARÉ & ALVES FILHO, 2010).

Dentro deste contexto, é necessário analisar que o ensino de Ciências, atualmente, ainda ocorre de forma tradicional e descontextualizada precisando de uma reflexão tanto no sentido metodológico quanto da formação inicial e continuada dos professores (SEIXAS, CALABRÓ & SOUZA, 2017). Desse modo, é relevante compreender como acontece o ensino e aprendizagem de Ciências, já que a forma que os estudantes demonstram os conhecimentos está diretamente relacionada com a forma que é compreendido. Assim, analisaremos como é o ensino de Ciências no

Brasil e como está o resultado dos estudantes brasileiros dos anos finais do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências.

2.1. O Ensino de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental

Diante de uma sociedade que está em pleno desenvolvimento tecnológico, tem-se grande importância de uma educação científica para o desenvolvimento do país. Afinal, a escola faz parte do contexto social, além de refletir as mudanças que ocorrem na sociedade. Dessa forma, é importante um currículo que atenda às necessidades dos estudantes (SILVA, FERREIRA & VIERA, 2017).

Existe uma diretriz para a formação de professores, sem a especificidade para a área de Ciências Naturais. Neste sentido, Imbernon et al (2011) revela que os resultados abaixo do esperado em Ciências Naturais estão diretamente relacionados ao modelo de formação dos professores, o qual oscila entre a especificidade da disciplina e a generalidade.

Segundo Santos (2012) a formação para atuar nesta área era somente necessário uma formação em Biologia, não existia uma formação específica em Ciências, assim como ocorria na década de 60 com uma licenciatura curta em Ciências. Isso faz com que as metodologias utilizadas nas aulas dessa disciplina pouco se diferenciam das demais, além dos conteúdos serem apenas, com raras exceções, transmitidos para os estudantes, ou seja, os conteúdos disciplinares são apresentados, tem o momento de tirar as dúvidas e são propostas atividades para fixarem os temas (SASSERON, 2018). Dentro deste contexto, ainda nos dias atuais, a metodologia tradicional e descontextualizada do universo dos estudantes predomina (SEIXAS et al, 2017).

Essa situação favorece a formação de pessoas que não têm o posicionamento crítico e reflexivo, nem a capacidade de intervenção na sociedade em que faz parte. Ainda assim, as aulas de Ciências são desinteressantes e não ocorre a participação dos estudantes, pois concentram-se em seguir as sequências didáticas dos livros, lousa e giz, reproduções teóricas e/ou experimentais sem a contextualização com o universo dos estudantes e práticas sem reflexões críticas sobre questões éticas na ciência e na sociedade (PANIAGO et al, 2017). No que se refere às práticas pedagógicas nesta disciplina não está organizada de maneira a colocar os estudantes

frente a situações problemas, e sim direcionando para a resolução, o que não contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo, essenciais para a alfabetização científica.

Apesar de todas as discussões fica evidente que o ensino de Ciências necessita de novas abordagens práticas, de acordo com os interesses dos estudantes e com as atuais mudanças na sociedade, na ciência e na tecnologia, para que possa despertar a autonomia, os questionamentos e o desejo de investigação nas crianças e jovens (PANIAGO et al, 2017). Afinal, o ensino de Ciências nos Anos Finais deve ser a base para a alfabetização científica.

Santos (2016) nos aponta que é comum nas escolas brasileiras o ensino de Ciências sem experimentação, apenas com uso de recursos tecnológicos como vídeos e/ou softwares. Isso reforça que a prática tradicionalista é muito utilizada, pois até mesmo nas experimentações que são utilizadas, os estudantes não são protagonistas, mas são conduzidos para obter os resultados desejados, tornando-se apenas espectadores das experiências.

Importante ressaltar que nos anos 90, com a Lei de Diretrizes e Base para a Educação (Lei 9394/96), a formação continuada dos professores, especialmente, dos professores de Ciências torna-se uma das estratégias para o desenvolvimento de novas práticas de ensino e aprendizagem e um novo perfil de professores para esta área (NÓVOA, 1991; ESTRELA, 1997; GATTI, 1997; VEIGA, 1998). Dessa maneira, busca-se a mudança da prática educativa para o ensino por investigação.

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica (SASSERON, 2015; SOLINO, 2017), a qual está relacionada às ações e às práticas dos professores, além das atividades realizadas pelos estudantes para o desenvolvimento de temas durante as aulas proporcionando autonomia para que possam investigar um problema (CARVALHO, 2013). Essa abordagem pode ser adequada para o desenvolvimento da alfabetização científica nas aulas de Ciências.

Carvalho et al (1999) esclarecem que as atividades de experimentação investigativa, devem ser acompanhadas de “situações problematizadoras, questionadoras, diálogos, envolvendo, portanto, resolução de problemas e levando à introdução de conceitos” (CARVALHO et al, 1999, p.42). Além disso, os autores enfatizam que as experimentações investigativas precisam compreender também

processos de investigação científica como reflexões, discussões, ponderações, explicações e relatos.

Neste sentido, as metodologias pedagógicas por investigação se referem à aprendizagem dos professores associados a uma mudança de prática de ensino e aprendizagem (GARCIA, 1999; CRÓ, 1998). Assim, o professor deixa de ser o detector de conhecimentos e o centro do processo de ensino e aprendizagem e os estudantes passam a ser protagonistas, além de sentirem-se mais seguros e participativos no processo de desenvolvimento pessoal e coletivo, por sua vez os professores passam a ser orientadores e mentores das ideias e práticas educativas.

A mudança para um ensino por investigação vem sendo defendido em diversas pesquisas no ensino de Ciências no Ensino Fundamental, pois proporciona uma alfabetização científica (FREIBERG, 2015; SASSERON & CARVALHO, 2008; SOLINO, 2017; SOUZA, 2015). Apesar de inúmeras pesquisas apontando para a utilização desta abordagem, a prática em sala de aula ainda é baixa, predominando abordagens tradicionalistas.

2.2. Resultado dos estudantes brasileiros na área de Ciências no PISA

Diferentes pesquisas revelam que as avaliações de larga escala no Brasil surgiram, provavelmente, juntamente com as avaliações internacionais. Estas propostas iniciaram nos Estados Unidos em 1970, concomitante com o desenvolvimento dos indicadores internacionais de qualidade da educação pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (COELHO & PRIMO, 2008).

Corroborando com esta análise Bonamino e Sousa (2012) verificam três gerações de avaliações em larga escala no Brasil, sendo a primeira sem impacto nos agentes educacionais e as outras duas impactando o sistema educacional, principalmente, no currículo das disciplinas. O que acaba gerando discussões não somente nos agentes educacionais, como os professores, mas também nas condições econômicas e sociais dos estudantes, materiais didáticos como acesso a livros e melhorias nas escolas (SOUSA & OLIVEIRA, 2010).

O cenário da educação brasileira é mediado por avaliações externas, sejam elas nacionais ou internacionais, como o Programa Internacional de Avaliação dos

Estudantes (PISA – Programme for International Student Assessment). Esta é uma avaliação de larga escala que é aplicada aos estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, os quais tem em média 15 anos de idade. São avaliados três domínios: leitura, matemática e ciências, e, é aplicada a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (INEP, 2019).

A cada edição é escolhido um domínio principal dos três a serem avaliados, assim os estudantes terão que responder uma quantidade maior de questões sobre o domínio selecionado. Além dos três domínios, também são avaliados domínios inovadores como a resolução de problemas, letramento financeiro e competência global.

Essa avaliação foi criada no ano de 2000, desde a sua primeira aplicação no Brasil participa. Os países participantes são membros e parceiros da OCDE. A última aplicação foi em 2018, a próxima será em 2022, esta edição foi adiada em um ano por causa da pandemia de COVID-19, onde impactou a educação mundialmente (OCDE, 2020).

O desempenho dos estudantes brasileiros no PISA na edição de 2018 revelou baixa proficiência nos três domínios avaliados quando comparado com os demais países participantes. Na América do Sul, o Brasil é o último colocado em matemática, empatando com a Argentina. Em ciências, os estudantes brasileiros também ocupam a última posição, juntamente com a Argentina e o Peru. Isso demonstra uma deficiência na alfabetização científica (INEP, 2019).

No domínio de Ciências, 55% dos estudantes brasileiros não possuem nível básico. Esse resultado mostrou a inabilidade na resolução de questões científicas simples e rotineiras (INEP, 2018). Os resultados estão estagnados desde 2009.

Com o resultado de 404 pontos no domínio de ciências no PISA em 2018, demonstrou que o Brasil se encontra três anos atrás da OCDE que tem o resultado de 489. Contudo, avaliando as escolas federais separadamente, a média atingida foi de 491 e as escolas particulares atingiram 495, as duas acima da média proposta pela OCDE. Ao contrário das escolas públicas estaduais e municipais que atingiram respectivamente 395 e 330, bem abaixo do esperado. E, se analisar os resultados por região, três regiões têm médias similares que são Sul com 419, Centro-Oeste com 415 e Sudeste com 414, todavia a região Norte com 384 e Nordeste com 383 apresentam os resultados mais baixos (INEP, 2019).

A partir destes resultados surge a pergunta: quais as implicações dos resultados do PISA para o ensino e aprendizagem de Ciências? Para responder essa questão é necessário analisar como as avaliações de larga escala, principalmente, as internacionais impactam o contexto educacional brasileiro.

Com os resultados divulgados, da avaliação de 2018, em 2019, o Ministério da Educação (MEC) analisou com as edições anteriores e iniciou o uma série de medidas para que os estudantes possam alcançar melhores resultados nas próximas avaliações. As ações propostas são desde a implantação do Ensino Fundamental e Médio em tempo integral, um Ensino Médio de acordo com a Base Nacional Curricular, até aliar o ensino superior com a educação básica com propostas práticas e uma educação com a utilização das tecnologias (BRASIL, 2018).

A partir destas medidas pode-se constatar que os resultados abaixo da média esperada pelo OCDE promovem a implantação de ações na área educacional para que os estudantes possam ter uma educação de qualidade e atingir os níveis internacionais. Uma outra ação que visa a melhora da aprendizagem dos estudantes é a criação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para que, assim, o país com uma grande extensão territorial e diferenças culturais possa ter um norteador das competências e habilidades a serem desenvolvidas ao longo da educação básica.

2.3. Ciências da Natureza nos Anos Finais do Ensino Fundamental e a BNCC

A BNCC é um documento normativo para a educação brasileira, publicado em 20 de dezembro de 2017, após a aprovação pelo Conselho Nacional de Educação. A BNCC é um “conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p. 7). E, contém as três etapas da Educação Básica composta pela Educação Infantil, Ensino Fundamental (Anos Iniciais e Anos Finais) e o Ensino Médio.

Este documento está baseado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, LEI 9394/96), no Plano Nacional de Educação (PNE) de 2014, nos princípios de igualdade, equidade e diversidade e na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência para a promoção do desenvolvimento e da formação global dos estudantes através da educação integral.

Destaca, ainda, a complementação ao currículo, pois este será o marco que irá adequar a sua realidade local ao desenvolvimento das competências e habilidades propostas, afinal as autoridades locais têm autonomia e conhecem as características dos seus estudantes. Dessa forma, delinea 10 competências gerais e em cada etapa da educação divide de acordo com as faixas etárias.

A etapa da Educação Infantil apresenta seis direitos de aprendizagem e desenvolvimento e os campos de experiências. Além de dividir em três grupos de faixas etárias: de 0 a 1 ano e seis meses; de 1 ano e 7 meses a 3 anos e 11 meses; e de 4 anos a 5 anos e 11 meses, estabelecendo os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento de acordo com os grupos, mas também apresenta as sínteses de aprendizagens que desejam atingir ao final da Educação Infantil para cada campo de experiência.

No Ensino Fundamental, a BNCC define as 5 áreas de conhecimentos: Linguagem, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso, e, os componentes curriculares de cada área. Apresenta as competências específicas de cada área, as unidades temáticas com os objetos de conhecimentos e habilidades a serem desenvolvidas divididos de acordo com as etapas do Ensino Fundamental – Anos Iniciais e Anos Finais (BRASIL, 2018).

E, na etapa do Ensino Médio, a última etapa da educação básica, também está dividido em áreas, porém são quatro áreas: Linguagens e suas tecnologias; Matemática e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas tecnologias e Ciências Humanas e suas tecnologias. Cada área com seus componentes curriculares e as competências específicas (BRASIL, 2018).

Nosso recorte para analisar definiu focalizar os quatro anos finais do Ensino Fundamental na área de Ciências da Natureza. Neste período de escolarização, a disciplina de Ciências fica a cargo de um professor especialista, que pode ser formado em Ciências biológicas, física, química ou licenciatura em ciências.

Na área de Ciências da Natureza o letramento científico é essencial para o Ensino Fundamental, principalmente, nos Anos Finais para preparar os estudantes para a próxima etapa da educação básica e formar os estudantes como cidadãos questionadores na sociedade em que estão inseridos. Além disso, é citado que o ensino e aprendizagem desta área deve ocorrer de forma articulada com as outras áreas e que é necessário nesta etapa assegurar aos estudantes acesso à variedade

de conhecimentos científicos, assim como aproximá-los de forma gradativa de como ocorre os processos, práticas e procedimentos da investigação científica (BRASIL, 2018).

Para que possa ocorrer o letramento científico destaca-se o processo investigativo como elemento central no ensino e aprendizagem, numa perspectiva mais ampla, onde os estudantes possam utilizar os seus conhecimentos prévios de forma reflexiva e compreenderem os fenômenos que ocorrem no mundo em que vivem (BRASIL, 2018).

De acordo com a definição de processo investigativo proposto, a BNCC consolida que o ensino e aprendizagem de Ciências da Natureza tem que acontecer através de propostas de situações investigativas durante as aulas para que possa ser discutida quatro modalidades de ação, sendo elas: definição de problemas, levantamento, análise e representação, comunicação e intervenção. Para maior conhecimento, o documento descreve cada uma:

Definição de problemas: (1) observar o mundo a sua volta e fazer perguntas; (2) analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações; (3) propor hipóteses. Levantamento, análise e representação: (4) planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.); (5) desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.); (6) avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado); (7) elaborar explicações e/ou modelos; (8) associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos; (9) selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos; (10) aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico; (11) desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais. Comunicação: (12) organizar e/ou extrapolar conclusões; (13) relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal; (14) apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações; (15) participar de discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral; (16) considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões. Intervenção: (17) implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos; (18) desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental. (BRASIL, 2018, p. 321).

É possível analisar que as modalidades de ação presentes no processo investigativo proposto na BNCC valorizam atividades diversificadas que estão presentes no desenvolvimento da compreensão sobre os conhecimentos científicos e a ciência. Dessa forma, observa-se que há um número maior de ações orientadas

para a modalidade de: levantamento, análise e representação em relação às demais modalidades. Isso mostra que o responsável para desenvolver em sala de aula estas modalidades é o docente, contudo o menor foco está nas ações de definição de problemas e a intervenção, demonstrando que o ensino de Ciências está diretamente relacionado para a compreensão sobre conhecimentos conceituais e não na investigação de como e dos motivos que ocorrem.

A área de Ciências da Natureza contempla três unidades temáticas, as quais são: Matéria e energia, Vida e evolução e Terra e Universo, cada unidade contempla os objetos de conhecimentos e as respectivas habilidades a serem desenvolvidas de acordo com o ano do Ensino Fundamental. Além dessas unidades, a BNCC sinaliza que as temáticas devem ser desenvolvidas estabelecendo relações com temas sobre a sustentabilidade ambiental, tecnologia e saúde.

Conforme mencionado anteriormente, nosso foco é analisar como as Ciências da Natureza são estabelecidas pela BNCC nos anos finais do Ensino Fundamental. Pretendemos, diante desta análise, discutir como o *chatbot* desenvolvido pode contribuir para o ensino de Ciências e que realmente introduza esta área como um corpo de conhecimentos para os estudantes e professores das escolas brasileiras.

Para alcançar tal finalidade, analisaremos as habilidades associadas às Ciências da Natureza apresentadas para cada um dos quatro anos finais do Ensino Fundamental. Para isso, identificam-se 63 habilidades que devem ser desenvolvidas durante esta etapa da educação básica, sendo: 14 para o 6º ano, 16 para o 7º ano, 16 para o 8º ano e 17 para o 9º ano.

As habilidades foram classificadas da seguinte forma: AI 1 – Ações Investigativas de Definição de Problemas; AI 2 – Ações Investigativas de Levantamento, análise e representação; AI 3 – Ações Investigativas de Comunicação; AI 4 – Ações Investigativas de Intervenção. A tabela 1 sintetiza esta análise:

Tabela 1. Síntese da análise realizada para as habilidades de Ciências da Natureza dos quatro anos finais do Ensino Fundamental presentes na BNCC.

Ano Escolar	Unidade Temática	Habilidade	Ações Investigativas
6º Ano	Matéria e energia	EF06CI01	AI 2, AI 3
		EF06CI02	AI 2, AI 3
		EF06CI03	AI 1, AI 2
		EF06CI04	AI 2, AI 4
	Vida e evolução	EF06CI05	AI 3
		EF06CI06	AI 2
		EF06CI07	AI 2, AI 3
		EF06CI08	AI 2, AI 4
		EF06CI09	AI 2
		EF06CI10	AI 2, AI 3
	Terra e Universo	EF06CI11	AI 2
		EF06CI12	AI 2
		EF06CI13	AI 2
		EF06CI14	AI 1, AI 2
	Matéria e energia	EF07CI01	AI 3
		EF07CI02	AI 2
		EF07CI03	AI 4
		EF07CI04	AI 2
		EF07CI05	AI 3
		EF07CI06	AI 3
		EF07CI07	AI 1, AI 2
7º Ano	Vida e evolução	EF07CI08	AI 2
		EF07CI09	AI 1
		EF07CI10	AI 2, AI 3
		EF07CI11	AI 1, AI 2
	Terra e Universo	EF07CI12	AI 2
		EF07CI13	AI 3
		EF07CI14	AI 2, AI 3
		EF07CI15	AI 1, AI 2
		EF07CI16	AI 2, AI 3
	Matéria e energia	EF08CI01	AI 1, AI 2
		EF08CI02	AI 4
		EF08CI03	AI 2
		EF08CI04	AI 2
		EF08CI05	AI 4

8º Ano		EF08CI06	AI 3
	Vida e evolução	EF08CI07	AI 2
		EF08CI08	AI 1, AI 3
		EF08CI09	AI 2, AI 3
		EF08CI10	AI 1, AI 3
		EF08CI11	AI 3
	Terra e Universo	EF08CI12	AI 1, AI 3, AI 4
		EF08CI13	AI 4
		EF08CI14	AI 2
		EF08CI15	AI 1
		EF08CI16	AI 3
9º Ano	Matéria e Energia	EF09CI01	AI 1, AI 2
		EF09CI02	AI 2
		EF09CI03	AI 2
		EF09CI04	AI 4
		EF09CI05	AI 1
		EF09CI06	AI 2
		EF09CI07	AI 3
	Vida e evolução	EF09CI08	AI 2
		EF09CI09	AI 3
		EF09CI10	AI 2
		EF09CI11	AI 3
		EF09CI12	AI 3
		EF09CI13	AI 4
	Terra e Universo	EF09CI14	AI 3
		EF09CI15	AI 1, AI 2
		EF09CI16	AI 3
		EF09CI17	AI 1

Fonte: elaborado pela autora (2021)

As informações presentes nesta tabela são as análises das habilidades que estão presentes na BNCC para a área de Ciências da Natureza para os anos finais do Ensino Fundamental. Assim, é possível observar quais ações investigativas são mais evidenciadas em detrimento das outras, para que o docente responsável possa utilizar de estratégias pedagógicas para o desenvolvimento das habilidades.

A análise das habilidades considerando as ações investigativas nos permite fazer afirmações relevantes. A primeira informação revela que as ações investigativas

de levantamento, análise e representação aparecem com maior frequência se comparadas às outras ações investigativas. Outra informação é a de que somente 15 habilidades estão associadas às ações de definição de problemas e 9 com a de intervenção.

Porém, segundo Jimenéz-Aleixandre (2017), atualmente, o ensino de Ciências que tem como objetivo à alfabetização científica, teria que preocupar-se para que as ações investigativas tanto de definição de problemas, quanto de intervenção acontecessem juntamente com as outras ações com maior frequência. Este processo faz com que os estudantes desfrutem de um contato mais claro com o processo investigativo, podendo realizarem as experiências práticas de acordo com o contexto estudado e aprendendo os conceitos de ciências, concomitantemente, com as maneiras de avaliar, organizar, legitimar e divulgar conhecimentos nesta área.

Com esses dados é possível compreender que apesar de incentivar um ensino investigativo e a importância da alfabetização científica, onde as aulas de Ciências devem levar os estudantes a terem mais contato com os aspectos das Ciências, o que a análise do documento nos mostra é que a apresentação de informações e conceitos é predominante. Isso é sustentado pelo grande número de habilidades relacionadas ao levantamento, análise e representação.

Do mesmo modo, a relação das habilidades com as ações investigativas de comunicação teve uma incidência mais alta em 25 habilidades listadas na BNCC. Isso mostra que o documento favorece a promoção de situações em que os estudantes possam desenvolver habilidades comunicativas. Ao contrário, do pouco aparecimento da ação investigativa de intervenção, mostrando situações que não favorecem os estudantes estarem envolvidos com propostas de atividades que proporcionem o protagonismo com ideias, artefatos ou medidas, para desenvolverem o trabalho intelectual em sala de aula.

É importante ressaltar que estes dados devem ser considerados, afinal uma das características das Ciências é o caráter investigativo sustentado pela problematização que são analisadas e suas relações com as intervenções derivadas do ambiente e da sociedade. Lembrando que Osborne (2014) demonstra que as atividades práticas em sala de aula são importantes para que os estudantes possam compreender os conhecimentos atuais que se têm sobre a natureza das Ciências, levando em consideração os aspectos culturais e sociais da sociedade.

Uma condição central apontada por esta análise mostra a necessidade ao desenvolvimento das ações investigativas de definição de problemas e de intervenção, assim como da modalidade de comunicação, de forma a garantir que a área de Ciências da Natureza contemple mais do que fatos científicos, mas contribua para que os estudantes ampliem seus conhecimentos sobre esta área através de atividades que relacionem os fenômenos com a sociedade promovendo o desenvolvimento da autonomia intelectual.

3. O movimento STEAM

O movimento STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics* - Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes, Matemática) vem sendo difundido em muitos países, pois iniciou-se nos Estados Unidos como solução econômica e social. Afinal, acredita-se que a Ciências, a Tecnologia, a Engenharia e a Matemática são cinco áreas fundamentais para o desenvolvimento do país.

Para que se possa conhecer sobre a definição desse movimento e como pode ser aplicado na área de Ciências da Natureza, apresenta-se a definição do movimento STEAM e suas relações com a abordagem baseada em projetos e a Ciências.

Na década de 1990, a *Nacional Science Foundation* (NSF) começou a utilizar o termo STEM, que, na verdade, era SMET, após identificar quais áreas eram fundamentais para o desenvolvimento econômico dos Estados Unidos. Neste sentido, as principais áreas identificadas foram as ciências, a tecnologia, a engenharia e a matemática, dando origem ao acrônimo STEM (PORTZ, 2015). Após o novo acrônimo das letras passando de SMET para STEM, realizado por Judith Ramaley, então diretora do NSF, obteve maior adesão e se espalhou para diferentes partes do mundo (SANDERS, 2009).

O movimento STEM incorporou as artes, correspondente entre artes e educação como forma de promover a criatividade. Afinal, diversas pesquisas mostram que as artes presentes na educação podem aumentar a criatividade, a inovação, o pensamento, a colaboração e as habilidades de comunicação entre os estudantes (BURTON et al, 2000; LIAO, 2016; NAEA et al, 2016). Outros estudos, mostraram que as artes ajudam melhorar as habilidades cognitivas, como o pensamento abstrato e divergente, o raciocínio espacial, além da autoeficácia criativa, incentivo à experiência e a curiosidade (SWAMINATHAN & SCHELLENBERG, 2015; WINNER et al, 2013).

Dessa forma, esses benefícios inspiraram o STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) um novo acrônimo das palavras Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, que na educação surgiu como uma abordagem pedagógica durante um evento de políticas nacionais americanas nos Estados Unidos em 2007, em resposta à necessidade de aumentar o interesse dos estudantes nessas áreas, sendo que a letra “A” de artes e humanidades foi inserida

posteriormente para promover maior ênfase na criatividade e as experiências (ALLINA, 2013; DAUGHERTY, 2013, QUIGLEY et al, 2017).

A cada ano vem aumentando o número de currículos escolares que estão adotando o STEAM, principalmente nos Estados Unidos, incluindo Califórnia, Carolina do Norte, Virgínia, Carolina do Sul, Geórgia, Texas, Massachusetts, em toda a Austrália, Coréia do Sul, Canadá e alguns países europeus (QUIGLEY & HERRO, 2016). Ainda de acordo com o relatório *New Media Consortium's Horizon* aponta o movimento STEAM como uma tendência no ensino fundamental, onde preveem que em menos de três anos será adotado em muitas escolas em diferentes países (JOHNSON et al, 2015).

O conceito de STEAM é caracterizado de diversas formas. Alguns autores o caracterizam utilizando quatro modos de integração entre as disciplinas: transdisciplinar, interdisciplinar, multidisciplinar e transversalidade (MARSHAL, 2014). Na abordagem transdisciplinar de ensino inicia-se com um problema ou uma questão norteadora e, por meio da resolução de problemas utiliza os conhecimentos de diferentes disciplinas que contribuem para alcançar a solução (LIAO, 2016; GLASS & WILSON, 2016; QUIGLEY et al, 2017).

Diferente desta abordagem, a interdisciplinaridade aborda um tema comum para as disciplinas, porém cada uma trata-o de maneira distinta (SMITH & PARÉ, 2016), já a abordagem multidisciplinar inclui a colaboração entre duas ou mais disciplinas, porém, não são interligadas (WHITE & MULLINS, 2017). E, a perspectiva transversal se concentra em observar uma disciplina através de outra, por exemplo, física-médica (GATES, 2017).

Contudo, a abordagem mais utilizada no movimento STEAM é a transdisciplinaridade, a qual é empregada de forma holística através da apresentação de ideias abrangentes ou problemas relevantes para os estudantes. Para a resolução dos problemas, os estudantes se dividem em grupos para colaborar, investigar e projetar soluções para o problema apresentado. Para isso, é necessário a metodologia de aprendizagem baseada em projeto, a tecnologia para o desenvolvimento da criatividade e o desenho da solução e investigar em diferentes fontes, além da utilização das ciências, da tecnologia, da engenharia, da arte e da matemática de acordo com a demanda, e uma resolução colaborativa (HERRO & QUIGLEY, 2016).

O movimento STEAM, segundo Grinnell e Angal (2016) beneficia os estudantes no desenvolvimento da criatividade e persistência, as quais são fundamentais para o ensino dos conteúdos da área de Ciências da Natureza. Reiterando Choi e Behm-Morawitz (2017) explicam que a importância das artes, pois através do envolvimento com esta área os estudantes estimulam a criatividade criando oportunidades, isso faz com que realizem a transição para aprender sobre as tecnologias.

Segundo Seidel et al (2017) apesar de muitos programas utilizarem o conceito STEAM incorporados com a metodologia de aprendizagem baseada em projetos, quando utilizam o processo de design ou experiências práticas, acabam, muitas vezes, negligenciando as principais características das artes que são autoexpressão, crítica e transmissão de significado. Tanto o conceito de transmitir significados por meio da autoexpressão, quanto o processo de crítica, são características fundamentais das artes que se mostram potenciais melhorias nas habilidades de comunicação verbal e não-verbal dos estudantes, como a compreensão da dinâmica sociocultural, percepções dos outros e autocompreensão através de reflexões de suas experiências e práticas.

Com esses aspectos o interesse global em uma educação com o conceito STEAM vem aumentando. No entanto, há poucas pesquisas sobre os benefícios e eficácias da implementação deste conceito. Além disso, há, também, falta de pesquisas para a mensuração das habilidades essenciais para o século 21, as quais são importantes para o sucesso do conceito STEAM, estas habilidades são resolução de problemas, criatividade, inovação, colaboração e comunicação (PLATZ, 2007).

Portanto, ao utilizar o conceito STEAM é importante que os docentes considerem as características das artes, assim como aquelas que abordam todas as áreas do STEM, para garantir o ensino dos estudantes em cada área abordada neste movimento. Para que isso ocorra, é necessário apresentar um problema que pode ser vivenciado pelos estudantes, a partir disso aprenderam sobre conceitos, além de projetarem algo utilizando as cinco áreas de ciências, artes, tecnologia, engenharia e matemática e demonstrando como cada área pode ser representada. Somente, assim, pensando no desenvolvimento de habilidades fundamentais para o século 21, o conceito STEAM será desenvolvido de forma a contribuir para a formação dos estudantes.

3.1.A utilização da abordagem STEAM com a Aprendizagem Baseada em Projetos

Como foi abordado o movimento STEAM não é uma metodologia e sim uma conexão entre as cinco áreas do acrônimo. Dentro deste contexto, a metodologia de aprendizagem baseada em projetos é uma abordagem que vem sendo utilizada para desenvolver o STEAM na educação. Para conhecer sobre esta metodologia e como integrá-la com o STEAM, vamos explicar sobre este assunto.

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) segundo Bender (2014) é uma metodologia de ensino, a qual compreende em conceder aos estudantes que enfrentam os problemas e as questões do mundo real, os quais acreditam ser significativos, definindo como aproximá-lo e de forma cooperativa criar soluções. Envolve não somente o trabalho cooperativo, mas também a resolução de problemas de forma criativa e significativa.

Esse não é um conceito novo, a origem de uma educação por projetos no ensino investigativo iniciou-se com as ideias baseadas do pedagogo e filósofo americano John Dewey (DEWEY, 1979), o qual já propunha um ensino e aprendizagem para a descoberta de problemas reais e propor soluções, de maneira colaborativa, através de experiências. A ideia central desta metodologia é a capacidade de raciocinar e a reflexão crítica dos estudantes.

Além deste pedagogo e filósofo, diz-se que William Heard Kilpatrick foi o criador da Pedagogia Baseada por Projetos (QUINTANA-NEDELCO & LLOVERA-GONZÁLEZ, 2009). Ao mesmo tempo em que diferentes autores conferem a John Dewey o princípio da metodologia de projetos, Knoll (1997) o identifica como parte de um debate a respeito dessa metodologia. A interpretação de Knoll (1997) não é contrária a influência de Dewey e Kilpatrick, porém oferece uma nova compreensão, pois existe a percepção que a metodologia de projetos foi utilizada trezentos anos antes, pode surgir novas interpretações (KNOLL, 1997).

Dewey (1971) acreditava que o desenvolvimento de projetos não era a finalidade da aprendizagem, mas sim o processo de ensino e aprendizagem. Para que isso ocorresse, as instruções não podem ser acessadas antes, mas estar integrada ao projeto (KNOLL, 1997). Além disso, defendia que os projetos têm que

ser iniciativas conjuntas do professor com o estudante, afinal é necessário a presença do professor para o ensino e aprendizagem.

Na década de 80 com a visão construtivista em alta aumentou a força no ambiente do ensino e aprendizagem, na relevância da participação e da interação entre os estudantes e destes com a comunidade em que estão inseridos, a importância das estratégias metacognitivas no processo de aprendizagem, entre outros. Estas condições evidenciaram a essência complexa e não linear do processo de ensino e aprendizagem e indicaram para os projetos como uma parte essencial da filosofia construtivista nas salas de aula (HERNÁNDEZ e VENTURA, 1998).

Assim como define Bruner (1919, citado em HERNÁNDEZ, 1998) a aprendizagem crítica ocorre quando damos significado à informação, analisamos, sintetizamos, planejamos ações para resolver problemas e criar ideias e/ou materiais, com um envolvimento maior na aprendizagem.

Ainda no século XX, a metodologia de projetos aumentou a sua repercussão e diversas pesquisas resultaram em publicações baseadas em resultados de experiências educacionais efetivas, o que fortaleceu, ainda mais, a aprendizagem baseada em projetos. Algumas das referências de experiências com os resultados bem significativos com implementação desta metodologia foram da escola Pompeu de Fabra, relatada por Hernández e Ventura (1998), a interação entre a ABP, a motivação e a tecnologia demonstradas por Blumenfeld et al. (1991), entre outros.

O crescente aumento desde então, sendo sustentado por meio das constantes inovações tecnológicas e através do entendimento crescente a respeito da cognição humana. Outra contribuição para o aumento do interesse pela ABP é a questão das habilidades desenvolvidas para o cidadão no século XXI estar de acordo com o que essa metodologia pode proporcionar.

Outros autores que fazem parte do movimento denominado Escola Nova têm grande importância e, deve-se sempre ser lembrados utilização dos projetos na educação com contribuições relevantes são: Ovide Decroly, na França, que desenvolveu os “Centros de Interesse”; Maria Montessori, na Itália; Celestin Freinet, na França, o qual protagonizou a Pedagogia de Projetos, entre outros (Oliveira, 2006).

Para Cambi (1999), Decroly defendia que todo processo de ensino-aprendizagem deveria ser organizado de acordo com os centros de interesses das crianças que seriam conectados às necessidades fundamentais de cada criança.

Dessa forma, estaria respeitando cada estágio de amadurecimento da criança. Já Montessori (1870-1961) é apontada por Cambi (1999) como uma autora que fez uma reflexão mais geral da educação escolar com o desenvolvimento de teorias com base nos princípios da liberdade das crianças, lembrando que liberdade não é espontaneidade. O ambiente tem papel formativo e a mente da criança é uma “mente absorvente” das experiências que são vivenciadas durante a infância.

John Dewey (1859-1952) é destacado por Cambi (1999) como o maior pedagogo do século XX, pois criou um método de ensino baseado em diferentes Ciências da Educação. Esse método foi denominado de Aprendizagem Baseada em Projetos. Dewey era crítico e experimentalista dessa época, o qual defendia uma educação democrática.

Assim, a ABP é uma abordagem metodológica por abordar as mudanças e as inovações tecnológicas que estão em constante mudanças no século XXI, o que serve de meios para que os estudantes desenvolvam as habilidades de criatividade, cooperação, resolução de problemas entre outras. Dessa forma, esta metodologia mostra com a capacidade de envolver os estudantes para além das salas de aulas e dos conceitos acadêmicos, proporcionando motivação e engajamento e, pode contribuir para a sociedade, a qual os estudantes estão inseridos com soluções criadas por eles (BENDER, 2014).

Essas características da ABP podem ser, especialmente, utilizadas para o desenvolvimento do conceito STEAM integrando as diferentes áreas com baixo rendimento e desinteresse dos estudantes através de atividades investigativas, o que é desejado para o contexto educacional. Entre tais disciplinas é possível destacar a matemática e ciências, as quais os estudantes obtiveram baixo rendimento no PISA em 2018 (INEP, 2019).

Ao mesmo tempo é evidente a importância desta metodologia juntamente com o STEAM para a formação dos estudantes face a uma sociedade digital e tecnológica em pleno desenvolvimento, exigindo de seus cidadãos conhecimentos de matemática, engenharia, artes e ciências para a resolução de problemas, compreensão dos fenômenos naturais e suas possíveis consequências. Neste sentido, a ABP aliada ao STEAM como uma alternativa metodológica com potencial para um ensino e aprendizagem com o desenvolvimento de habilidades essenciais para o desenvolvimento físico, social e intelectual dos estudantes.

Holanda e Bacich (2020) destaca que é importante refletir sobre quais são os contextos e os conhecimentos que serão mobilizados durante a execução dos projetos, afinal os professores ficam decepcionados ao proporem um projeto e não ocorrer da maneira a qual tinha pensado, isso ocorre, pois não foi feita a reflexão sobre quais os possíveis caminhos a serem trilhados pelos estudantes, esperando que apenas que os estudantes realizem as atividades sem refletirem sobre os problemas a serem solucionados. Assim, o principal desafio do STEAM é transformar os projetos em como sendo os principais artefatos para o ensino para que se possa alcançar os objetivos de aprendizagem propostos.

De acordo com Buck Institute for Education (2008), a aprendizagem baseada em projetos o estudante é o protagonista de sua aprendizagem, pois requer pensamento crítico, solução de problemas, colaboração e comunicação. Contudo, para responder a questões motivadoras e desenvolver soluções criativas, é necessário ir além de lembrar as informações e conceitos, precisa utilizar as habilidades de pensamento de alto nível e aprender a trabalhar em equipe.

Para Kim e Choi (2013) a integração entre a ABP e o STEAM é importante para a promoção do desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas à alfabetização científica, mas também produz o engajamento dos estudantes nas atividades práticas obtendo melhores resultados no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e de criatividade.

A elaboração de projetos transdisciplinares é uma vertente para a intersecção entre o STEAM e a ABP, os quais são orientados pela estrutura da ABP e através de um planejamento permitem que os estudantes estabeleçam as relações entre os conhecimentos das diferentes áreas para resolver o problema e encontrar uma solução (HOLANDA e BACICH, 2020).

A ABP com projetos STEAM é concebida por elementos que estruturam os projetos para nortearem as ações e as aprendizagens dos estudantes. Os elementos são: a questão norteadora, a pesquisa, o levantamento de ideias, produto final, colaboração e a elaboração das etapas.

A questão norteadora de acordo com Bender (2014), que também chama de questão motriz, é uma questão principal, a qual deve ser clara e despertar o interesse e a motivação dos estudantes sobre o que será investigado na ABP. Já a pesquisa

para projetos STEAM é a etapa de aprofundamento das teorias que serão utilizadas para desenvolver o projeto.

A etapa de levantamento de ideias é quando os estudantes realizam para que possam resolver o problema, a partir da questão norteadora e encontrar a melhor solução de uma maneira que seja possível ser executada e com ideias originais. Para que a partir das ideias levantadas seja construído o produto final que no STEAM, geralmente, são artefatos que segundo Bender (2014) são soluções construídas ao longo do projeto ou aspectos da questão norteadora.

E, a colaboração faz parte da ABP para que os estudantes possam desenvolver essa habilidade presente na BNCC e as habilidades para o século XXI. Assim, a divisão das tarefas entre os participantes do grupo para o desenvolvimento do projeto é fundamental para o protagonismo e empatia dos estudantes.

Para atingir os objetivos de ensino e a construção de artefatos, um projeto STEAM aliado com a ABP é necessário a elaboração das etapas para a realização do projeto. Dessa forma, Holanda e Bacich (2020) sugerem a utilização de um Canvas, este modelo contempla além das etapas necessárias do projeto, a questão norteadora, os objetivos de aprendizagem, o título do projeto e o produto final, porém não existe um modelo adequado para os projetos STEAM, lembrando que o planejamento é essencial para a execução do projeto.

Portanto, um dos principais desafios do STEAM integrado com ABP é proporcionar aos estudantes oportunidades para que executem o planejamento e a resolução de problemas através de etapas que desenvolvam a criatividade e estejam alinhadas com a investigação de conceitos, design e aprendizagens das artes (HOLANDA e BACICH, 2020).

3.2. STEAM na área de Ciências da Natureza

O grande desafio do ensino de Ciências é levar para as salas de aula um ensino investigativo, como é proposto pela BNCC e a transdisciplinaridade. Para que isso seja possível, o conceito STEAM juntamente com a ABP podem auxiliar e caminhar para que se tenha uma prática investigativa e que os estudantes possam realizar conexões com os conhecimentos adquiridos em diferentes disciplinas.

Atualmente, o ensino de Ciências é considerado reduzido ao uso de conceitos e à apresentação de conteúdos disciplinares, o que leva a uma Ciências fragmentada e descontextualizada com a realidade e a necessidade dos estudantes (CACHAPUZ, 2011). Yakman (2008) reitera explicando que o ensino fragmentado com a aprendizagem de conceitos não é possível contextualizar o que está sendo apresentado.

Dentro deste contexto, a BNCC (2018) traz, claramente, a necessidade de práticas para a alfabetização científica, até mesmo porque quando se fala em habilidades para o século XXI deixa claro a importância de aprender a fazer Ciências e não apenas de observar como os fenômenos ocorrem. Torna-se fundamental os estudantes serem protagonistas da aprendizagem para contextualizar e significar o que está sendo proposto para esta área e as demais que se têm contato.

Para Yakman (2008) não é necessário modificar o sistema de ensino da educação básica, porém é importante criar conexões entre o que está sendo tratado nas disciplinas de forma individual através de propostas que proporcionem a integração em diferentes etapas, assim a ABP e o STEAM surgem como possibilidades de uma aprendizagem significativa para o ensino de Ciências.

Hernandez e Ventura (1998) aplicaram a ABP em uma escola na Argentina e, a partir dos resultados obtidos afirmam que a aprendizagem só ocorre quando transborda de ressignificações, permitindo a aplicação dos conceitos aprendidos em situações reais. Dessa forma, quando o ensino proporciona um ambiente de aprendizagem para a construção de projetos que fazem sentido para os estudantes, a aprendizagem é significativa. Por esse motivo, os projetos precisam promover a aprendizagem de conceitos por meio da identificação de um problema, a procura e o planejamento de soluções criativas dentro de um contexto social. (CONNOR et al, 2015).

A partir dos princípios de integração dos conhecimentos de diferentes disciplinas e da ABL, e, em reação contra o ensino tradicional de Ciências, o STEAM foi uma das maneiras encontradas como parte desta solução. Nesta perspectiva, o STEAM, apesar de dar ênfase nas disciplinas de Ciências e Matemática como acadêmicas, tem como base a tecnologia e a engenharia como elementos para que se possa investigar conectando estas cinco áreas para a busca de soluções reais de acordo com a realidade dos estudantes.

Além de integrar as cinco áreas de conhecimentos, o STEAM proporciona o desenvolvimento de habilidades essenciais para o século XXI através do ensino realizados por dinâmicas e experiências, investigação, trabalho em equipe, processos de criatividade e inovação (SOUSA e PILECKI, 2013). Assim, o STEAM abordado como um movimento educacional que as disciplinas tradicionais são construídas dentro de uma proposta integrada, com foco na resolução de problemas, mas também no desenvolvimento das habilidades, do pensamento crítico e da criatividade para a resolução de problemas futuros dentro da sociedade em que atua (YAKMAN, 2008).

Diante desta abordagem, os temas, especialmente os de Ciências que se trata essa pesquisa, são explorados a partir do ensino investigativo através de propostas transdisciplinares, começando com um problema, o qual pode se expandir para um projeto com a exploração dos conceitos e materiais para a solução criativa, organizados na aprendizagem ativa dos estudantes. Assim, um ensino de Ciências baseado no conceito STEAM envolve processos criativos e não utiliza somente uma metodologia para os questionamentos e investigação, sendo uma maneira que após passar a curadoria, os conhecimentos adquiridos são compartilhados e inicia a exploração de novos caminhos.

Logo, o ensino de Ciências e as suas aplicações encontram-se no conceito STEAM um ensino investigativo por meio de demonstrações, experimentos e produtos em decorrência de projetos em um contexto prático e concreto para aprender os fenômenos naturais e seus conceitos. Isso demonstra as possibilidades do desenvolvimento da transdisciplinaridade, indo além das Ciências.

4. A Inteligência Artificial e a Educação

A Inteligência Artificial (IA) é sem dúvida o impulso tecnológico do início deste século XXI impactando e transformando, praticamente, todo o setor industrial, social e educacional. Assim, como uma tecnologia emergente, tem muitos potenciais na área educacional.

Para incentivar o desenvolvimento de sistemas que utilizam a IA na área educacional, a UNESCO em 2019 lançou um documento denominado “Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development”, o qual discorre sobre a importância de preparar os estudantes para o uso e desenvolvimento de IA (UNESCO, 2019). Além desse documento, o Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB, 2019) lançou a nota técnica 16 que se refere como a Inteligência Artificial tem um terreno fértil na educação e a necessidade do desenvolvimento de sistemas com esta tecnologia para esta área.

A Inteligência Artificial é classificada de acordo com os sistemas que a utilizam, encontra-se quatro linhas de pensamentos: Sistemas que pensam como humano; Sistemas que pensam racionalmente; Sistemas que agem como humanos; e, Sistemas que agem racionalmente. Dessa forma, encontram-se diferentes definições sobre o que é IA. A figura a seguir desenvolvida pelo CIEB (2019) traz as principais definições de IA de acordo com a classificação do seu uso. Verifique a figura 1:

<p>Sistemas que pensam como humanos!</p> <p>“O esforço de fazer computadores pensarem... máquinas como humanos, em seu sentido total e literal” (Haugeland, 1985)</p> <p>↓</p> <p>“[A automação de] atividades que associamos com o pensamento humano, atividades como tomada de decisão, resolução de problema, aprendizagem...” (Bellman, 1978)</p>	<p>Sistemas que pensam racionalmente!</p> <p>“O estudo de faculdades mentais através do uso de modelos computacionais” (Charniak e McDermott, 1985)</p> <p>↓</p> <p>“O estudo da computação que torna possível perceber, raciocinar e agir” (Winston, 1992)</p>
<p>Sistemas que agem como humanos!</p> <p>“A arte de criar máquinas que executam funções que requerem inteligência quando executadas por pessoas” (Kurzweil, 1990)</p> <p>↓</p> <p>“O estudo sobre como computadores podem fazer coisas que neste momento pessoas são melhores” (Rich e Knight, 1991)</p>	<p>Sistemas que agem racionalmente!</p> <p>“Campo de estudo que busca explicar e simular comportamento inteligente como processos computacionais” (Schalkoff, 1990)</p> <p>↓</p> <p>“Área da ciência da computação interessada na automação de comportamento inteligente” (Luger e Stubblefield, 1993)</p>

Figura 1. Definições sobre o que é Inteligência Artificial. Fonte: CIEB,2019.

Pode-se verificar que essas linhas de pensamentos contribuíram para diferentes estudos e desenvolvimento de sistemas que utilizam a Inteligência Artificial, sempre procurando soluções melhores para o sistema (NEWELL e SIMON, 1961). A partir dessas definições é possível verificar que a IA é uma área da ciência da computação, a qual se sugere a criar sistemas que representam a capacidade humana na compreensão de um problema, identificando os seus elementos e, a partir disso, resolver problemas e propor ou tomar decisões.

O sistema de IA mais conhecido é o Teste de Turing ou Jogo da Imitação, onde o cientista Allan Turing em 1950 desenvolveu um sistema computacional para avaliar qual era a capacidade de uma máquina de simular um comportamento inteligente igual ao ser humano. Para isso, desenvolveu o Jogo da Imitação com três participantes, sendo um homem, uma mulher e um interrogador que fica em uma sala distinta dos demais participantes. Nesse jogo o interrogador tem que acertar se homem ou mulher de acordo com as respostas que lhes são dadas após as suas perguntas. Contudo, um dos participantes foi trocado por uma máquina e agora o interrogador tem que descobrir quem era a máquina. Esse foi o primeiro teste conhecido utilizando a IA e, atualmente, já é utilizado um robô neste teste (HODGES, 2001).

Importante destacar que os estudos para o desenvolvimento de IA iniciaram na década 50 com Turing e em 1956 o pesquisador John McCarthy apresentou uma das primeiras e mais influentes definições sobre este sistema, o qual definiu que os estudos de IA deve ter como base as teorias da aprendizagem ou qualquer outro aspecto da inteligência humana que um sistema computacional seja capaz de reproduzir (RUSSELL & NORVIG, 2010). São encontradas diferentes sobre o que é IA, as quais são influenciadas por várias áreas e o avanço de soluções que utilizam a IA.

Ao analisar as definições, é possível verificar que a maior parte aborda concepções moderadas sobre a cognição ou, até mesmo, não abordam os aspectos políticos, filosóficos e psicológicos do conceito de inteligência. Dessa forma, para analisarmos a inteligência artificial no ensino e aprendizagem da educação básica e desenvolvermos o assistente virtual inteligente, a definição utilizada foi a IA como sistemas computacionais, os quais têm capacidades de se envolver em processos semelhantes aos humanos, como adaptação, sintetização e aprendizagem (POPENICI & KERR, 2017).

A IA envolve diferentes sistemas computacionais que usam diferentes algoritmos para as estratégias de tomada de decisão e um grande volume de dados que é chamado de “big datas”, assim quando solicitados os sistemas respondem. Os diferentes sistemas da IA são: o Processamento de Linguagem Natural; Reconhecimento de padrões e imagens; compreender a linguagem aberta escrita e falada; Perceber relações e nexos; seguir decisões por meio de algoritmos desenvolvido por especialistas; conseguir entender conceitos e não apenas processar dados.

Nesse contexto, também é fundamental observar que o aprendizado de máquina, denominado *Machine Learning*, é um campo favorável da inteligência artificial. Apesar de algumas soluções de IA serem dependentes de algoritmos programáveis, outras têm a capacidade inata de aprender padrões e fazer previsões. Como, por exemplo, o AlphaGo - um software desenvolvido pela DeepMind, no ano de 2017. Assim, 'aprendizado de máquina' é definido como um subcampo da inteligência artificial que inclui software com capacidade de reconhecer padrões, fazer previsões e aplicar os padrões recém-descobertos a situações que não foram incluídas ou cobertas por seu projeto inicial.

A IA neste momento, está avançando em um ritmo acelerado, e isso já afeta a educação. Existem universidades que já utilizam soluções com IA, como, por exemplo, Deakin University na Austrália, a qual utiliza o supercomputador Watson da IBM para fornecer conselhos para os estudantes todos os dias e em qualquer momento (DEAKIN UNIVERSITY, 2014). No Brasil, a escola de negócios “*Saint Paul*” utiliza a inteligência artificial em sua plataforma LIT através do tutor inteligente Paul, também com o Watson da IBM, onde é possível personalizar os estudos de acordo com as necessidades de cada estudante (SAINT PAUL, 2020).

Com diferentes algoritmos baseados para cumprirem as tarefas repetitivas e relativamente previsíveis, o Watson é um dos exemplos dos impactos que a IA terá no futuro, não tão distante assim. Essa tecnologia está modificando as estruturas da qualidade de serviços, a dinâmica dentro do ensino superior, principalmente, onde está sendo mais implementada, além da estrutura da força de trabalho. Afinal, um supercomputador com capacidade de fornecer feedback de acordo com a necessidade a qualquer hora, reduz a quantidade de pessoas que desempenham certas funções (POPENICI & KERR, 2017). Atualmente, a IA é cada vez mais buscada com vários modos pela indústria, como pode ser visto no desenvolvimento de carros autônomos pelo Google.

Pode-se verificar que a IA na educação tem focado no desenvolvimento de tutores inteligentes, os quais não fornecem somente exposição de conceitos, mas também tem inteligência para responder de forma significativa aos estudantes, assim como fornecer suporte adaptativo (GILBERT et al, 2015). Esses tutores abordam os estilos de aprendizagem dos estudantes (DORCA, 2015) ou proporcionar comunicação cultural apropriada com a comunidade que está utilizando de seu suporte (BLANCHARD, 2015). Esse sistema é mais utilizado no ensino superior, em cursos on-line e em ambientes de pós-graduação onde há um foco em assistentes virtuais que funcionam como tutores de conteúdos ou como facilitadores de discussões on-line (ADAMSON et al, 2014).

Um dos ambientes educacionais que, atualmente, estão fazendo uso da IA são os Massive Open Online Courses (MOOCs), os quais nas plataformas mais populares têm em média 40.000 estudantes (FERENSTEIN, 2014). Dessa forma, a IA pode desempenhar uma função importante na organização e colaboração na aprendizagem

on-line dos estudantes. Outra maneira da IA atuar no sistema educacional é auxiliando na busca de informações dentro da grande quantidade disponível na internet.

A IA é composta por diferentes elementos, mas no sistema educacional separamos três elementos que interligam a IA e a educação que são: a agência, a modelagem e a abstração. A agência juntamente com a autorregulação e a autoaprendizagem são essenciais para sistemas de IA para que se possa tomar decisões corretas de acordo com o que está sendo identificado, por exemplo um carro autônomo para ele tomar decisões é preciso ter contato com muitas variáveis que são apresentadas pelos programadores, mas o carro em ação deve ser capaz de aprender com sua experiência e tomar decisões com base nessa autoaprendizagem. O que também é interessante é que uma vez que um carro aprende algo com uma situação, seu conhecimento pode ser imediatamente compartilhado com todos os outros carros, para que todos os carros aprendam. Essas são as importâncias da agência no sistema de IA, assim como em um tutor inteligente que ao aprender algo com um estudante pode repassar para os demais.

Já a modelagem envolve o desenvolvimento de um sistema com IA. Deste modo, desenvolver agentes inteligentes no contexto educacional, como tutoria ou assistentes de aprendizagem on-line, requerem o desenvolvimento de modelos dos assuntos a serem tratados e dos estudantes. Este desenvolvimento de modelo, o teste, e o refinamento estão diretamente associados, pois são partes integrantes do desenvolvimento de IA. E, a abstração desempenha uma função importante na representação do conhecimento e do raciocínio (SAITTA & ZUCKER, 2013), além de ser um componente integral do desenvolvimento de IA. Por exemplo, no caso do carro autônomo, a criação de um modelo de “pedestre” abstrai atributos-chave e em um tutor inteligente através de um exemplo de aprendizagem é possível ocorrer a abstração de atributos-chave.

Com o desenvolvimento de soluções que utilizam a IA, é importante, cada vez mais, que os sistemas educacionais estejam preparados para analisar e verificar quem são os desenvolvedores dos algoritmos e não são monopolizados por grandes empresas de tecnologias. Pasquale (2015) analisa em seu livro “The Black Box Society” que houve mudança nas decisões, pois antes eram feitas por pessoas, agora são automáticas através de um software que codifica milhares de instruções e regras em apenas alguns segundos. Isso revela que os algoritmos não são conhecidos de

forma transparente e não conhecemos como são utilizados, afinal quem controla os algoritmos têm forte influência sobre as pessoas e os diferentes setores da sociedade, inclusive a educação.

Diferentes soluções personalizadas com o uso de IA estão se aproximando mais rápido do que imaginávamos, como o “novo cientista” que foi apresentada no fim de 2015 pela Talkspace e IBM, o qual utiliza a IA em sessões de psicoterapia (RUTKIN, 2015). Com esta tecnologia, é possível perceber o grande investimento que vem sendo realizado para a IA no setor educacional e, principalmente, da saúde.

Existem sistemas para a interação humano-IA que auxiliam pessoas com deficiências, estes podem inspirar soluções educacionais para serem aplicadas para melhorar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes e professores. Mitcham (2005) em sua Enciclopédia de Ciência, Tecnologia e Ética descreveu que existe um cruzamento de um humano e uma máquina, pois as perspectivas de associar as capacidades humanas com as novas tecnologias já estão sendo utilizadas e desenvolvidas em ritmo bem acelerado.

Portanto, os sistemas computacionais de IA que utilizam algoritmos de aprendizado de máquina podem servir às pessoas com todos os tipos de habilidades e se envolver até certo ponto em processos semelhante a os humanos e tarefas de processamento complexas que podem ser empregadas no ensino e na aprendizagem. Isso abre uma nova era para a educação.

3.3. O que é um chatbot e como é seu funcionamento

Chatbot é uma ferramenta muito utilizada nos dias de hoje, pois são assistentes virtuais capazes de imitar uma conversa humana (TATAI et al, 2003). Segundo Leonhart (2005) os chatbots são desenvolvidos desde os anos 60 do século XX e, esse nome teve origem de “*chatter*”, que significa tagarelar em inglês, e “*robot*”, que significa robô, assim juntando os dois termos deu origem a palavra “chatbot” para os robôs de conversação, os quais têm como objetivo simular diálogos com as pessoas, mas também com os outros robôs utilizando o processamento de linguagem natural.

Dentro deste contexto, Boldo (2016) explica que a palavra “*chatbot*” denomina uma propensão nos assistentes virtuais inteligentes, inclusive os pessoais, que são acionados por comandos através de mensagens de texto ou voz, os quais têm a

capacidade de compreender os seres humanos. Com isso, são caracterizados como sistemas cognitivos artificiais que, de acordo com Cervenka et al (2016), são sistemas que tem como objetivo simular funções da inteligência humana, por exemplo, tomar decisões, processar informações e comunicar-se oralmente.

De acordo com Cruz et al (2018) os avanços na área de ciências da computação possibilitaram a criação dos assistentes virtuais inteligentes através da combinação de diferentes áreas, como:

- 2.1.1 A Inteligência Artificial, que é uma área, a qual se concentra ao desenvolvimento de sistemas que demonstram características parecidas com a inteligência humana;
- 2.1.2 O Processamento de Linguagem Natural com o foco de proporcionar a comunicação entre homem-máquina com o uso da mesma linguagem que utilizamos para nos comunicarmos com as demais pessoas;
- 2.1.3 O Banco de dados, também chamado de Big Data, onde é possível o armazenamento de grandes volumes de informações;
- 2.1.4 A Rede de comunicação de dados, a qual se dedica com a segurança das informações e dados para que possa ocorrer a transferência entre computadores de maneira eficaz e segura.

Os avanços nessas áreas contribuíram para que os assistentes virtuais inteligentes fossem desenvolvidos para atender as necessidades da sociedade em diferentes áreas. Como pode-se analisar, por meio do processamento de linguagem natural é possível que entendam o que os seres humanos estão buscando quando recorrem aos assistentes virtuais, assim ao entender as necessidades, utilizam da IA para encontrar e responder de forma adequada a dúvida que lhe foi apresentada. Para encontrar as respostas adequadas, os assistentes virtuais recorrem ao banco de dados que proporcionam informações para formar suas respostas e armazenar as novas informações obtidas através das interações. Por fim, a área de redes de comunicação de dados possibilita a presença dos assistentes virtuais em diferentes plataformas, como computadores, celulares e tablets (CRUZ et al, 2018).

Essas áreas da Ciência da Computação são fundamentais para o desenvolvimento e avanço dos assistentes virtuais inteligentes, contudo tem outras áreas que, também, são importantes para que os assistentes virtuais inteligentes possam interagir de maneira mais próxima de uma comunicação de humano-humano

para humano-máquina, é a linguística. A linguística contribui para os avanços no processamento de linguagem natural com o desenvolvimento de técnicas e métodos para se aproximar da língua que se é falada e escrita da comunidade que o assistente virtual será inserido, já que é a língua está em constante movimento e é viva (CRUZ et al, 2018).

É através desta área que é possível a atualização do processamento de linguagem natural dos assistentes virtuais, pois as palavras novas podem ser incorporadas, assim como as que não são mais utilizadas podem ser descartadas do vocabulário dos assistentes virtuais (CRUZ et al, 2018). Outra questão a se pensar é o público que ocorre a interação humano-máquina, pois adolescentes utilizam uma linguagem diferente dos adultos, além das gírias que são utilizadas em diferentes países. Isso faz com que a linguística seja uma área fundamental que deve estar presente no desenvolvimento dos assistentes virtuais inteligentes.

O conjunto destas tecnologias que são orientadas no processamento de informação feita pelo sistema nervoso e o raciocínio dos seres humanos para tomar decisões e fazer a seleção natural é denominada de computação cognitiva (BRASIL et al, 2001). Feldman e Reynolds (2014) enumeram as características que os sistemas cognitivos artificiais devem apresentar:

- 2.1.5 Aprendizagem dinâmica e adaptativa baseadas nas alterações de informações;
- 2.1.6 Análise probabilística através da demanda de descobrirem novos padrões a partir do contexto que está interagindo e no desenvolvimento de hipóteses com base nas evidências;
- 2.1.7 Interatividade, pois contém ferramentas para se comunicarem e interagirem com as pessoas, assim como para analisar e visualizar os dados;
- 2.1.8 Processamento de dados fundamentado nos significados por meio da utilização do processamento de linguagem natural e a semântica, por isso a importância da linguística.

Pode-se analisar que o chatbot são aplicações de processamento de linguagem natural, o qual é essencial para a interação humano-máquina, afinal o processamento de linguagem natural é um agrupamento de técnicas computacionais que são utilizadas para analisar e representar de forma natural textos em um ou mais

níveis da análise linguística com o objetivo de executar o processamento de linguagem humana para diferentes tarefas e aplicações (ALLEN, 1995).

Importante destacar que o primeiro *chatbot* que é encontrado na literatura é o ELIZA, um robô com capacidade de jogar o “*Imitation Game*” com algumas técnicas podia responder algumas perguntas com outras perguntas (WEINZENBAUM, 1966). Assim, ELIZA foi o início do desenvolvimento de robôs conversacionais (JACOB JUNIOR, 2008).

Após o desenvolvimento deste primeiro *chatbot*, houve grandes avanços nesta área. Neves e Barros (2005) classificam o desenvolvimento de *chatbots* em três fases baseado no processamento de linguagem natural, sendo a primeira fase fundamentada em técnicas simples de relacionamento padrão, a segunda a IA já está presente e a terceira são os desenvolvimentos com técnicas mais complexas de relacionamentos padrões com base em XML. Esta última que tem se destacado mais porque utilizam a técnica AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*) para o desenvolvimento de seus diálogos (WALLACE, 2010).

A primeira geração tem como principal representante o robô ELIZA, foi criado em 1966 pelo professor Joseph Weizenbaum, em *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos Estados Unidos. Este robô foi desenvolvido com o objetivo de simular um psicanalista conversando com o paciente, baseado na abordagem rogeriana, a interação com o paciente ocorria por meio de perguntas que estimulavam a refletir sobre os seus sentimentos (LEONHARDT, 2005).

Segundo Leonhardt (2005) ELIZA foi desenvolvido com base nas regras de decomposição, ou seja, quando o paciente insere uma frase, o robô decompõe em palavras e elabora a sua resposta de acordo com o contexto das palavras. Dessa forma, afirma-se que o seu algoritmo é baseado em palavras-chave e na reestruturação da pergunta do usuário.

Apesar de ter sido de grande importância o desenvolvimento desse primeiro *chatbot* para uma conversação automatizada, apresenta algumas limitações, como a falta de memória, pois após terminar a conversa, ELIZA não se lembra o que foi conversado da interação com o paciente (PRIMO; COELHO, 2002). Isso fez com que buscasse o desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar o seu desempenho.

De acordo com Martins (2013) em 1990 ocorreu o desenvolvimento da segunda geração de *chatbots* juntamente com os avanços da área de inteligência artificial,

engenharia de software e do processamento de linguagem natural. Sendo que nesta geração o robô que merece destaque é o JULIA, o qual foi desenvolvido como parte de um jogo chamado TinyMUD, o seu desenvolvedor foi Michael Mauldin em 1994. Em sua primeira versão este robô apresentava um algoritmo simples, porém em sua segunda versão já era baseado em redes neurais com habilidades de conversação melhores e mais robustas (Leonhardt, 2005).

E, a terceira geração de *chatbots* tem como principal robô o ALICE (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*), desenvolvido na *Lehigh University* pelo professor Richard S. Wallace (MARTINS, 2013). O desenvolvimento de sua linguagem AIML ocorreu durante cinco anos, de 1995 a 2000, esta linguagem proporciona às pessoas adicionaram conhecimentos nos chatbots (WALLACE, 2003).

Essas são as três gerações, as quais o desenvolvimento de *chatbots* passaram e estão em constante desenvolvimento. Atualmente, um *chatbot* pode ser desenvolvido através de linhas de códigos ou plataformas como a IBM Watson e o *Dialogflow*, da Google, além de poder ser implementado em aplicativos de redes sociais como o Messenger, Facebook e Whatsapp. Os usuários quando iniciam a interação através de conversas, proporcionam o aprendizado para que ocorra uma interação cada vez melhor em suas futuras interações.

Neste sentido, quando o usuário faz uma pergunta para o assistente virtual, logo irá procurar por essa pergunta em seu banco de dados para fornecer a resposta adequada. Porém, se não encontrá-la em sua lista, o processamento de linguagem natural proporciona que o assistente virtual compreenda a semelhança com alguma pergunta que está em seu banco de dados e responda ao usuário (CRUZ, ALENCAR & SCHMITZ, 2018). Como pode ser visualizado na figura abaixo:

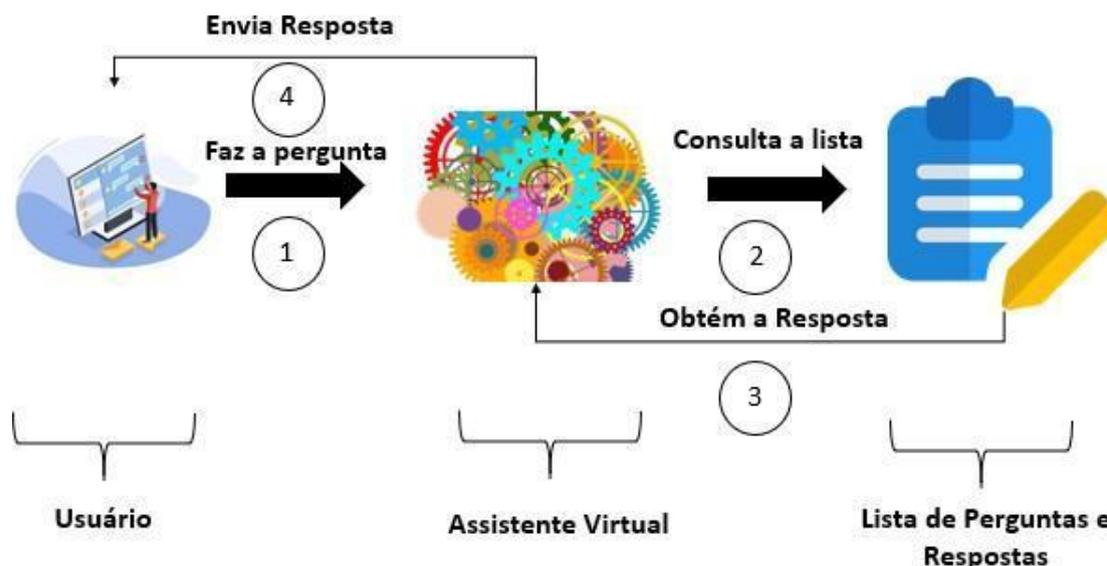


Figura 2. Funcionamento simplificado de um assistente virtual inteligente. **Fonte:** Cruz, Alencar & Schmitz, 2018.

Nesta figura é possível visualizar que ao usuário ao entrar em contato com o assistente virtual através de uma pergunta textual (1), o assistente virtual irá consultar o seu banco de dados que contém a lista de perguntas e respostas (2), após conseguir encontrar a pergunta ou com o auxílio do processamento de linguagem natural para entender parte da pergunta do usuário e identificar as palavras, obtém a resposta (3) e envia para o usuário (4). Este é o processamento simplificado de um assistente virtual inteligente. Importante ressaltar que se a interação ocorrer por voz, a voz do usuário é reconhecida pelo sistema e transformada em pergunta textual e o processo continua da mesma forma até responder ao usuário.

Portanto, os avanços nas áreas de inteligência artificial, processamento de linguagem natural, banco de dados e rede de processamento foram fundamentais para o desenvolvimento dos assistentes virtuais inteligentes, como os *chatbots*. Esses avanços contribuíram para que o sistema tenha mais robustez, velocidade e eficiência (CRUZ et al, 2018).

3.4. Applications Programming Interface (APIs) para o desenvolvimento de chatbot

As APIs são interfaces de programação de aplicações, ou seja, são conjuntos de padrões, os quais pertencem a uma interface para o desenvolvimento de

plataformas de modo mais simples e eficiente para os desenvolvedores (FABRO, 2020). Para o desenvolvimento de chatbots existem duas APIs mais utilizadas e recomendadas que são a IBM Watson Conversation®, da International Business Machine (IBM), e o Dialogflow®, do Google. Por isso, vamos analisar estas duas plataformas de desenvolvimento de chatbots.

Segundo Mazon (2019), o IBM Watson apareceu pela primeira vez em um programa de televisão de perguntas e respostas chamado Jeopardy, da CBS, em 2011. Neste primeiro momento o supercomputador venceu dois especialistas em jogos, a partir de então continuou o seu desenvolvimento até se tornar uma API para desenvolvimento de bots na IBM cloud com o nome de *Watson conversation*.

O Watson conversation é composto por uma interface simples que todas as pessoas podem desenvolver e contribuir para ensinar seus *chatbots*, mesmo que não sejam da área de Tecnologias da Informação. Para iniciar o desenvolvimento é necessário criar uma conta no IBM *cloud*, a qual terá acesso por tempo indeterminado. Após a criação da conta você escolherá o serviço de conversação para, então, iniciar o desenvolvimento do *chatbot* a partir das intenções e entidades na plataforma (MAZON, 2019).

Silva & Mattos (2018) define que o IBM Watson é um sistema que não utiliza respostas prontas, mas sim define suas respostas a partir dos conhecimentos adquiridos, apesar de ser um sistema de perguntas e respostas. Além disso, este sistema pode reconhecer deduções entre trechos de textos, os quais são apresentados a ele, com alta precisão, assim como realizado por um humano, porém com uma velocidade mais rápida e em uma escala maior. Ressalta-se ainda que o Watson permite o desenvolvimento de *chatbots* com técnicas cognitivas, além de utilizar induções e entradas na simulação de uma conversa completa com o usuário dentro de um contexto específico.

Assim, as características do Watson é a associação de três técnicas dos sistemas cognitivos artificiais que são o processamento de linguagem natural, o qual auxilia na compreensão dos dados não estruturados; a geração e avaliação de hipóteses por meio de aplicação de análises avançadas das respostas baseadas nos conhecimentos adquiridos; e a aprendizagem baseada na evidência, a qual permite o aprimoramento de seus resultados para que, assim, torne-se mais inteligente a partir das interações com os usuários (IBM, 2019).

O *Watson conversation* tem a capacidade de compreender o significado e o contexto da linguagem humana com o processamento rápido das informações para encontrar respostas precisas. Além disso, é uma plataforma *open source*, a qual proporciona uma interação humano-computador mais próxima de uma relação entre humanos (IBM, 2019).

Assim, o *Watson* permite o desenvolvimento de robôs interativos por meio de troca de mensagens, o qual combina técnicas do sistema cognitivo artificial que utilizam induções e matéria-prima para simular o diálogo completo dentro do sistema e, principalmente, com contexto (*context*) de um tema (SILVA & MATTOS, 2018).

Semelhante ao IBM *Watson*, também tem a API *Dialogflow*®, do Google, que utiliza os mesmos conceitos para o desenvolvimento de *chatbots*. Os conceitos para a criação de *chatbots* são: as *intents* (intenções), *entities* (entidades), *dialog* (diálogos) e *digressions* (digressões).

Na primeira versão em 2014 que foi desenvolvida pela empresa *Speaktoit*, o *Dialogflow*®, tinha o nome de “*Api.ai*”. Contudo, em 2016 o Google adquiriu a empresa desenvolvedora desta plataforma e no ano seguinte, em 2017, mudou o nome para o qual conhecemos atualmente: *Dialogflow*®. É uma plataforma nova, mas com suporte para vários idiomas, inclusive o português brasileiro, além de proporcionar a integração com diferentes aplicativos de mensagens, inclusive de redes sociais, como Facebook Messenger, Telegram, Skype, Google Assistente, Twitter, *web sites* e ainda com serviços de telefonia do Google ou particulares como o *Twilio* e *Avaya*.

Para o desenvolvimento de um *chatbot* é fundamental o conhecimento dos conceitos que são utilizados pelas plataformas. Os conceitos de APIs utilizados tanto pelo IBM *Watson*® e o *Dialogflow*® são para Silva & Mattos (2018):

- As *INTENTS* (intenções) são ações ligadas às perguntas feitas pelos usuários, ou seja, quando o usuário se comunica com o *chatbot* através da linguagem natural, possivelmente, não tem como listar todas as possibilidades de interações. Assim, o sistema a partir das intenções cadastradas generaliza as inferências e identifica qual a intenção desejada pelo usuário para que possam retornar uma resposta de acordo com a interação dentro do contexto. Conforme vai ocorrendo as interações as intenções vão sendo alimentadas e melhorando o seu desempenho, ficando mais inteligente para encontrar a resposta;

- As *ENTITIES* (entidades) são definidas como complementos de informações, assim quando o usuário inicia uma interação com o robô a partir de uma frase, pode conter palavras que são sinônimos das que estão listadas nas intenções. Assim, o sistema reconhece a palavra e classifica dentro de um contexto. Como, por exemplo, lar e casa são sinônimos de residência, ou seja, são valores de uma mesma entidade;
- Os *DIALOGS* (diálogos) nada mais é do que as respostas às perguntas dos usuários, lembrando que o robô sempre buscará um contexto para as interações com usuários. Dentro deste contexto, quando o usuário insere uma intenção inicia-se um diálogo;
- As *DIGRESSIONS* (digressões) que são as quebras de diálogos, quando ocorre a mudança de assunto, ou seja, se o usuário estiver conversando sobre animais e mudando para restaurantes, ocorre uma digressão. Este evento contribui para que a conversa torna-se mais real, pois uma conversa entre humanos os assuntos são bem variados dentro de uma conversa.

Estes são os conceitos comuns às duas APIs, IBM *Watson*® e *Dialogflow*®, analisadas. É fundamental o conhecimento desses conceitos para o desenvolvimento de *chatbot* nestas plataformas, pois são essenciais para o robô conversacional possa interagir com os usuários.

3.5. Modelo de *chatbot* como mediador da aprendizagem

Os *chatbots* podem ser utilizados para uma ampla diversidade como tecnologia no contexto educacional. Kowalski et al (2011) analisam que essa ferramenta tecnológica tem uma finalidade útil na educação, pois possuem um mecanismo interativo quando comparado com o sistema tradicional de educação, principalmente, a educação a distância.

Os robôs conversacionais proporcionam aos estudantes um ambiente de interação contínua, o que permite que possam realizar perguntas no momento que desejar a um tema específico. No entanto, ainda existem algumas limitações quanto ao ensino e aprendizado (KOWALSKI, 2011).

Um dos primeiros *chatbots* educacionais foi o “Jill Watson”, desenvolvido pela *Georgia Tech – USA*, o qual foi tutor virtual durante um semestre do curso *Masters of Science in Computer Science*. Ressalta-se que os estudantes não sabiam que estavam conversando com um robô, pois a sua principal função era responder o grande número de publicações nos fóruns das disciplinas (LIPKO, 2016).

No Brasil também foram desenvolvidos diferentes *chatbots* e pesquisas sobre o uso no contexto educacional. Kuyven et al (2018) realizaram uma revisão sistemática do uso de *chatbots* na educação. No resultado da pesquisa relatam que os estudos sobre os *chatbots* são, principalmente, como tutores inteligentes, para propor uma metodologia própria de desenvolvimento, criarem ambientes com *chatbot* adaptativo, para avaliarem o *chatbot*, como o *chatbot* pode contribuir para a aprendizagem colaborativa e a mediação da aprendizagem.

Neste sentido, conclui-se que os estudos analisados se propagam sobre como melhorar a aprendizagem, as habilidades, mas também engajar os estudantes, além de serem relatadas melhorias no desenvolvimento e aplicação dos *chatbots* personalizando e aumentando o banco de dados desta ferramenta. Outra evidência encontrada é que a maioria dos estudos foram da aplicação dos *chatbots* no ensino superior e no ensino para a área de saúde, podendo ser adaptados para os outros níveis de ensino (KUYVEN et al, 2018).

Atualmente, os sistemas educacionais de diferentes países estão investindo no desenvolvimento de *chatbots* para o contexto educacional, como Coreia do Sul, China, Austrália, países da Europa e mais recentemente os Estados Unidos. Como a Universidade de Deakin, em Melbourne na Austrália, com o projeto “*LIVE the Future*”, com a implementação deste projeto inovador utilizando *chatbots* fez com aumentasse o número de estudantes na universidade (SCHEEPERS et al, 2017). Como pode ser analisado o foco ainda está no ensino superior.

Jia & Chen (2008) analisaram o ensino e aprendizagem do inglês com o uso de um *chatbot* em um *web site* aberto e em uma sala de aula do ensino médio durante um ano, os resultados da pesquisa revelam que os estudantes acreditam que o *chatbot* pode auxiliar na revisão de conteúdo, além de melhorar o interesse pelo ensino e aprendizagem de inglês e aprender a ouvir. Outro estudo feito por Kerfoot et al (2006) em um curso voltado para estudantes de medicina, melhorou o desempenho deles nos testes realizados. E, Knill et al (2003) investigaram o *chatbot* chamado Sofia

que é para o ensino e aprendizagem de matemática, concluíram que aumentou a opção de ferramentas para os estudos.

No Brasil, o primeiro *chatbot* do modelo FAQ com o foco educacional foi a professora Elektra, desenvolvida por um grupo de pesquisadores e estudantes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Esta professora virtual concentrava-se no ensino e aprendizagem de Física e Redes de Computadores com base no *chatbot* ALICE que foi um dos primeiros com a linguagem AIML (LEONHARDT et al, 2003). Assim, esse foi o pioneiro dos *chatbots* educacionais desenvolvidos no Brasil.

A tabela a seguir mostra os principais *chatbots* educacionais desenvolvidos no Brasil de acordo com a literatura:

Chatterbot	Eixo de ensino/ Concentração	Autores/Publicação/Ano
ELEKTRA UFRGS	Física e Redes de computadores	LEONHARDT, Michelle D.; CASTRO, D.; DUTRA, R.; TAROUCO, L. ELEKTRA: Um Chatterbot para Uso em Ambiente Educacional. 2003
MEARA UFRGS	Redes de Computadores	LEONHARDT,Michelle D.;NEISSE, Ricardo,TAROUCO, Liane.MEARA: Um Chatterbot Temático para Uso em Ambiente Educacional. XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – NCE - IM / UFRJ 2003
BonoBot UFAM	Sistema Tutor Inteligente	SGANDERLA, R. B.; FERRARI, D. N.; GEYER, C. F. R. BonoBOT: Um Chatterbot para Interação com Usuários em um Sistema Tutor Inteligente. In: SBIE – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Anais . Rio de Janeiro: SBC, 2003.
MARIA FURB	Administração	DOMINGUES, Maria José C. Souza.ROTHERMEL, Alessandra. MARIA: um chatterbot desenvolvido para os estudantes da disciplina “Métodos e Técnicas de Pesquisa em administração” SEGET- Simpósio de Excelência em gestão e Tecnologia, Resende, 2007.
Dr. Pierre UFPE/UFPI/ UFPB	Psiquiatria	OLIVEIRA, Hilário T. A.; GADELHA, Renê N. S.; AZEVEDO, Ryan Ribeiro.;DELFINO, João Bosco.; DIAS , Guilherme Ataíde.;FREITAS,, Fred. Dr. Pierre: Um Chatterbot com Intenção e Personalidade Baseado em Ontologias para Apoiar o Ensino de Psiquiatria. Anais do

		Simpósio Brasileiro de Informática na Educação , vol 1 no.1, 2010.
Mobile bot UEPB	Internet	ANDRADE, Rony Marcolino. Mobile bot: um chatterbot educacional para dispositivos móveis. Revista Brasileira de Computação Aplicada (ISSN 2176-6649), Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 83-91, out. 2012.
Tical UEL, FATEC, SENAI	Atlas Linguístico do Brasil	MORENO, Fábio Carlos; MANFIO, Edio Roberto; BARBOSA, Cynthian Renata Sachs Camerlengo; BRANCHER, Jacques Duílio. Tical: Chatbot sobre o Atlas Linguístico do Brasil no WhatsApp. Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)
Dory URI	Recomendações de aplicativos educacionais	SANTOS, Cristina Paludo; ROLAND, Laiane Andrade; SILVA, Denilson Rodrigues da. Recomendação de Aplicativos Educacionais Mediada por Interfaces Conversacionais. Anais do XXV Workshop de Informática na Escola, 2019.

Tabela 2. Levantamento cronológico de chatbots para ensino e suas áreas de aplicação. Fonte: Santos, 2015, atualizado pela autora, 2021.

É possível verificar que apesar de ser uma tecnologia presente na sociedade é pouco explorada no contexto educacional, principalmente, na educação básica. Nota-se em base com poucos estudos nessa área de desenvolvimento de *chatbot* para o ensino e aprendizagem.

Os *chatbots* educacionais, atualmente, buscam proporcionar um ensino e aprendizagem presente em vários locais, inclusive nos aplicativos móveis que são mais utilizados pelas crianças e jovens, sempre afastando-se da metodologia tradicional de ensino. Assim, temos o *Mobile bot* que é um exemplo de *chatbot* onde os estudantes podem acessá-lo por meio de um aplicativo móvel e sentir-se mais próximo de um professor (SANTOS, 2015).

Um fator importante de ressaltar é que com a evolução dos desenvolvimentos de assistentes virtuais inteligentes para a área da educação, tanto os usuários quanto os desenvolvedores adquirem conhecimentos, pois as multiplataformas tanto de desenvolvimento quanto de uso permitem adaptações para a colaboração para a aprendizagem.

5. Desenho metodológico da pesquisa

Para o desenvolvimento desta pesquisa, que teve como objetivo o desenvolvimento de um assistente virtual inteligente, foi utilizada a abordagem qualitativa e a pesquisa exploratória através do desenvolvimento do assistente virtual STEAMBot. Além dessas metodologias, foram utilizadas a metodologia do Design Experimental e o modelo ADDIE.

Essa pesquisa é compreendida como qualitativa, uma vez que se interpreta fenômenos e atribui-se significados sem a necessidade de métodos estatísticos. Para Marconi e Lakatos (2011) a metodologia qualitativa empenha-se em analisar e interpretar dados mais profundos para descrever a multiplicidade do comportamento de maneira indutiva feita pelo próprio autor da pesquisa.

Por motivo do emprego de conhecimentos existentes para a prática com o foco de resolver um problema específico, esta pesquisa, também é definida como aplicada. Assim, como afirma Gil (2010), uma pesquisa aplicada ocorre quando tem seu objetivo à aquisição de conhecimentos para que possa aplicar em uma situação específica.

Corroborando, os procedimentos técnicos desta pesquisa classificam-se como uma pesquisa de revisão bibliográfica Gil (2010) define como pesquisa bibliográfica o estudo sistematizado elaborado a partir de materiais já publicados. Dessa forma, por utilizar os conhecimentos produzidos por outros pesquisadores e autores e realizando a interligação com o desenvolvimento da pesquisa em suas fases iniciais, esta pesquisa pode ser considerada pesquisa bibliográfica.

Para o melhor desenvolvimento da pesquisa, a metodologia foi dividida em etapas, sendo a primeira o levantamento bibliográfico para aprofundar os conhecimentos sobre o conceito STEAM, a Inteligência Artificial, principalmente, os assistentes virtuais e *chatbots*, e o ensino e aprendizagem de Ciências no Brasil. Ainda na primeira etapa foi efetuada uma análise nas competências e habilidades para a área de Ciências da Natureza propostas na Base Nacional Comum Curricular, com o intuito de identificar suas características para incorporá-las à solução, o assistente virtual, que esta pesquisa se propôs a desenvolver.

Com base nos conhecimentos construídos na primeira etapa, a sequência da pesquisa deu-se com o desenvolvimento do *chatbot* através da ferramenta *Dialogflow*[®], do Google, fundamentando-se na teoria de linguagem natural e sem usar

nenhuma ferramenta e/ou biblioteca de terceiros. O processo de linguagem natural utilizado, até o momento, é o de escrita. Para isso, foram definidas expressões e/ou perguntas regulares para determinarem os padrões de entradas válidos com o intuito de selecionar as *intents* das expressões. Estas expressões foram utilizadas no desenvolvimento das *intents*, que tem a função de identificar as expressões válidas e inválidas.

Finalizando a etapa do desenvolvimento do *chatbot*, foram realizadas integrações de saídas com outras plataformas para melhor interação com os usuários. Para realizar essas integrações foram analisados canais do *Youtube* de acordo com as habilidades propostas e desenvolvidas pelo assistente virtual.

Com o *chatbot* desenvolvido, iniciou-se a etapa de desenvolvimento do site, o qual o *chatbot* foi integrado. Esta etapa correspondeu ao design e implementação de um assistente virtual no site.

A última etapa foi destinada à integração do assistente virtual com o site . Através desta implementação, o assistente virtual ficará aberto para utilização dos usuários que desejarem.

5.1. Caminhos trilhados para o desenvolvimento do STEAMBot

Para criar o *chatbot* como assistente virtual do STEAM em Ciências foram analisados os conhecimentos do ensino de Ciências nas escolas brasileiras e como a Base Nacional Comum Curricular (2018) propõe o ensino e aprendizagem desta área, buscando sempre um ensino investigativo e dentro do contexto dos estudantes. A partir destes conhecimentos definiu-se o público-alvo que são os estudantes dos anos finais do ensino fundamental e os professores de Ciências tanto da escola pública como da privada e, também, as personas do projeto.

Com base nas pesquisas das necessidades de ensino na área de Ciências da Natureza para os anos finais do Ensino Fundamental e o público-alvo a utilizar o assistente virtual inteligente, nessa etapa, antes do desenvolvimento, foram criadas as personas. De acordo com a *Interaction Design Foundation* (2021) persona são personagens fictícios que criamos com base na pesquisa e no público-alvo para representar os diferentes tipos de usuários que podem utilizar o artefato a ser desenvolvido. Importante destacar que persona não é igual a público-alvo, pois o

público-alvo é um grupo abrangente da sociedade, o qual o artefato será desenvolvido e a persona é uma personagem que representa o usuário de maneira mais humanizada e personalizada.

A persona tem como objetivo ajudar a entendermos as necessidades, experiências, comportamentos e objetivos dos usuários. Neste sentido, conseguimos reconhecer que existem usuários com necessidades diferentes e ajuda-nos a identificarmos as características dos usuários. Assim, as personas orientam os processos de criação e contribuem para atingir o objetivo de desenvolvimento com uma experiência de usuário significativa. Como o STEAMBot tem duas versões, a versão para os estudantes e outra versão para os professores foram definidas duas personas:

Persona 1 – Um estudante de 12 anos, chamado Gabriel que gosta de tecnologias e Ciências, porém as aulas não conseguem atingi-lo em suas curiosidades de querer saber mais e colocar a mão na massa fazendo experiências e projetos, seja individual ou com em grupo. Além disso, ele gosta de ser desafiado e de criar seus robôs e jogos.

Persona 2 - Uma professora de ciências que não gosta de tecnologias e em suas aulas busca sempre expor os conhecimentos e os estudantes são estimulados a realizarem experiências. Porém, com a pandemia de COVID-19 resolveu mudar sua metodologia e busca na internet soluções que favoreçam os estudantes a tirarem dúvidas e desenvolverem projetos através de questões norteadoras para buscarem soluções criativas e inovadoras.

Após a definição do público-alvo e a criação das personas, iniciou-se a curadoria das ferramentas desenvolvedoras de *chatbots*. Foram analisadas diferentes ferramentas, desde a linguagem de programação Python até o IBM Watson. Todas as ferramentas foram analisadas como desenvolve um *chatbot*, quais as funcionalidades do *chatbot* e quão responsivos são, além dos custos a serem dispensados para a criação e manutenção.

A primeira ferramenta analisada foi a linguagem Python para a criação do *chatbot*, apesar de ter uma linguagem responsiva e de fácil aprendizagem, necessita de um GPU para que seja possível o *chatbot* ser acessado pelos usuários. Assim, essa possibilidade foi descartada por não termos acesso a um GPU. Após ser descartada essa possibilidade, outra ferramenta analisada foi o IBM *Watson* que

apresenta uma versão gratuita para desenvolvimento com GPU e responsividade aos diferentes ambientes integrados, só funciona com a linguagem natural por escrito.

Além destas duas possibilidades de desenvolvimento de *chatbot*, analisamos o Dialogflow®, do Google, essa ferramenta tem um desenvolvimento intuitivo, responsivo em diferentes plataformas, um plano gratuito com uma compatibilidade de acesso ao que foi proposto para o projeto e linguagem natural tanto em voz quanto a escrita. Por melhor atender os requisitos da pesquisa, o *Dialogflow*® foi escolhido para o desenvolvimento do assistente virtual STEAMBot.

Com as personas definidas e a plataforma de desenvolvimento selecionada, iniciou-se a integração das habilidades propostas na BNCC (2018) com o movimento STEAM e a aprendizagem baseada em projetos. As primeiras integrações foram feitas com as habilidades dos anos finais do ensino fundamental, pois esta etapa permite aos estudantes o início a conteúdos que investiguem fenômenos reais e contextualizados com a sociedade que estão inseridos.

A área de Ciências da Natureza nos anos finais do ensino fundamental propõe a alfabetização científica, com isso o assistente virtual STEAMBot tem a função de desenvolver interações com os estudantes que estimulem o desenvolvimento de projetos e com os professores a serem mediadores da aprendizagem através desta metodologia. Para isso, o STEAMBot foi desenvolvido com a apresentação dos conceitos, perguntas norteadoras e proposição de experiências.

A comunicação em um chat, geralmente, ocorre entre usuários que são humanos, neste contexto estudantes e professores. Porém, em um *chatbot* no lugar de um ser humano representando o(a) professor(a) terá um serviço de um assistente virtual inteligente para responder às perguntas dos estudantes, o STEAMBot. Para realizar o treinamento do serviço de *chatbot* do *Dialogflow*® foi utilizado currículos e livros de Ciências, além da BNCC como referencial, que foram essenciais para conseguir dados de respostas fundamentais para o treinamento conceitual do STEAMBot em processos de *software*.

Além disso, foram utilizados alguns artifícios linguísticos para a construção das entidades, como os sinônimos, as quais representam uma classe de objeto ou um tipo de dado que é considerado importante para a finalidade do usuário, dessa forma o serviço do *Dialogflow*® está apto a compreender de maneira nítida a verdadeira

intenção das perguntas realizadas pelos usuários utilizando diferentes palavras e/ou frases. Os embasamentos teóricos obtidos sobre o Processamento de Linguagem Natural foram, também, fundamentais para contribuir no desenvolvimento do fluxo de diálogo e, em consequência, na aplicação das intenções de tal maneira a deixar a conversa mais natural. Para aperfeiçoar, ainda mais, a experiência dos estudantes com a solução do STEAMBot foi elaborado o envio de contextos entre as intenções, alteráveis conforme necessidade de cada estudante para criar uma interação personalizada, diferenciada e única.

Para o desenvolvimento do chatbot – STEAMBot foi utilizada a metodologia do Design Experimental e o modelo ADDIE.



Figura 3. Etapas do modelo ADDIE do projeto. Adaptada de Branch, RM " Design instrucional: a abordagem ADDIE " (Springer, 2009, p???) .

As etapas desenvolvidas foram análise contextual de como é realizado o ensino e aprendizagem de Ciências nos anos finais do ensino fundamental através da revisão bibliográfica nessa área e a análise dos resultados do PISA na área de Ciências. Além disso, foi realizada a análise das plataformas de desenvolvimento de chatbots, para encontrar qual era a ideal para o desenvolvimento desse projeto. Após a análise, a plataforma escolhida foi o *Dialogflow*[®], do Google, por apresentar uma interface mais acessível e um plano gratuito com mais usabilidade.

Terminado a análise contextual e a escolha da plataforma de desenvolvimento foi realizado o design do tutor virtual inteligente, pensando nas personas para ter um design intuitivo e de acordo com os usuários. Neste sentido, pensou-se tanto nos(as) professores de Ciências quanto nos estudantes. Nesta etapa, para o desenvolvimento do STEAMBot estabeleceu-se como estratégia apoiar e dinamizar o ensino e aprendizagem através da utilização das tecnologias, mas também de atuar como inspirador dos temas de estudos para um maior engajamento dos estudantes.

Ainda nesta etapa para a concepção do STEAMBot foi escolhida a metodologia de design que se baseia em orientações do Design Experimental (BUCCINI, 2008) ao passo que se buscava providenciar uma solução de tutor virtual, a qual cria novos significados, além de estimular diferentes aspectos, sejam sensoriais, cognitivos ou emocionais que estão relacionados à experiência do usuário e sua relação humano-máquina. Para isso, foram utilizados os embasamentos provenientes das metodologias do *User Experience* (UX) para a estruturação do processo de design do STEAMBot, esse processo compreende as fases de inspiração, ideação, prototipação e avaliação, assim como o modelo ADDIE, da qual cada fase é dependente da anterior, de forma que as decisões na fase de inspiração têm reflexos nas demais.

A etapa de ideação compreendeu-se a definição das características fundamentais do STEAMBot, particularmente, o público-alvo que são os estudantes dos anos finais do ensino fundamental e dos professores, a sua finalidade, sua personalidade e suas atividades conversacionais. O planejamento das atividades conversacionais, assim como a definição de quais temas seriam abordados e os vídeos que seriam recomendados foram realizados a partir da análise das competências e habilidades propostas pela BNCC e inseridas nos currículos da área de Ciências da Natureza.

Nesta fase de ideação também foi realizada a modelagem dos fluxos de interações através do desenvolvimento das intenções e entidades, a qual foi considerada a mais importante no processo de criação do STEAMBot, pois teve como objetivo organizar os elementos que fazem parte da experiência do usuário. Ao finalizar esta etapa, iniciou-se a alimentação com mais intenções e respostas com ou sem indicações de vídeos para a realização dos projetos propostos. Assim, a avaliação foi realizada e sempre que necessário realiza-se a iteração do *chatbot* para uma melhor performance para interagir os usuários com qualidade.

Sua primeira versão foi desenvolvida na plataforma *Dialogflow*[®], do Google, para possibilitar inúmeras possibilidades, entre elas, a implementação no site e em outros locais como o *Telegram*[®]. No desenvolvimento da solução de interface *web* que se integra ao serviço do STEAMBot foi utilizado a linguagem de desenvolvimento HTML5. Para consulta e armazenamento de dados foi utilizado o banco de dados não relacional *Filezilla* e, por fim, o *framework* com o CSS foi incluído para melhorar o design das interfaces *web*.

Essas etapas contribuíram para que o desenvolvimento ocorresse de forma efetiva. Lembrando que as metodologias adotadas compreendem a etapa de avaliação sobre a experiência dos usuários por meio das interações com o STEAMBot, as quais buscam conseguir feedbacks que embasam aprimoramentos para as novas versões, de maneira que o processo seja cíclico sempre que houver novas atualizações.

6. Desenvolvimento do Modelo de Chatbot como Assistente Virtual de Ensino de Ciências - STEAMBot

O STEAMBot é o tutor virtual inteligente que foi desenvolvido incluindo o Processamento de Linguagem Natural e tem como objetivo colaborar com o ensino e aprendizagem da área de Ciências da Natureza nos anos finais do ensino fundamental e na aplicação do movimento STEAM na educação básica através da metodologia de projetos. Para isso, foi necessário conhecimentos da área de Ciências da Computação sobre Inteligência Artificial, o desenvolvimento de *chatbots* e a criação de um banco de dados com os temas da área de Ciências da Natureza.

Em sua primeira versão o tutor virtual inteligente, nomeado de STEAMBot, foi alimentado com perguntas e respostas das competências e habilidades definidas pela BNCC para os anos dos anos finais do ensino fundamental e age-se como se fosse um guia respondendo às perguntas dos usuários e/ou recomendando vídeos para que possam ser utilizados para realizarem os projetos de um determinado tema, sendo que sempre pensando na aplicação do movimento STEAM. O STEAMBot possui uma personalidade criativa, amigável e intelectual, buscando fazer uso de uma linguagem não formal, porém de acordo com o público que está destinado.

O STEAMBot apresenta-se como um sistema de interface conversacional organizado com regras, onde as interações entre os usuários e o tutor virtual inteligente ocorrem por meio de frases ou, em algumas respostas do agente, por seleção predefinida para que o usuário possa escolher dentro de um determinado contexto. Por meio de controle das ações, o assistente virtual pode manter um histórico das interações, e diante disso, é possível acrescentar na base de conhecimentos do assistente virtual com a finalidade de aperfeiçoar as experiências do usuário nas próximas interações, através de melhores respostas e recomendações de novos vídeos conforme a área de maior interesse dos estudantes.

Na fase de requisitos foi pensado que as interações com o *chatbot* deveriam ser amigáveis e simples e para isso ao acessar o web site já aparece a janela que pode ser clicada para iniciar a interação com o STEAMBot, em um espaço para digitar as perguntas e um área para visualização das interações com as perguntas e

respostas. Além disso, conforme ocorreu o desenvolvimento sentiu-se outras necessidades, como a de personalizar o ícone do STEAMBot através de uma imagem e de escolher um nome para o assistente virtual para que a interação conversacional ficasse mais real. Assim, para interagir com os estudantes o agente se denomina como um jovem cientista, nomeado Biel e a sua imagem surgiu da ideia de um robô com um átomo em cima de sua cabeça, como pode ser visto na imagem a seguir:



Figura 4. Ícone do STEAMBot, nomeado como jovem cientista Biel. Imagem elaborada por: Polyana Cristofolletti Custódio. Fonte: Autora, 2021.

Foi necessário, também, personalizar o STEAMBot de acordo com os níveis de conhecimento e das competências e habilidades a serem desenvolvidas em relação às respostas (sejam textuais e/ou recomendações de vídeos ou sites externos). Para melhorar as interações foi necessário registrar as perguntas que não foram compreendidas pelo *chatbot* e adicionar nos conhecimentos do assistente virtual. Assim, para o desenvolvimento na plataforma do *Dialogflow*[®] foi preciso a criação de intenções, entidades e contextos, além de outras integrações entre sites e, principalmente, com o *Youtube*[®] para a recomendações de vídeos.

Na arquitetura geral da solução do STEAMBot, os usuários são representados pelos estudantes e professores, os quais têm acesso a uma interface web, através de um site (ianaeducacao.net.br) aberto sem a necessidade de login, desenvolvida através da linguagem HTML5 que também agrega a utilização de outras tecnologias. A figura a seguir mostra a arquitetura do sistema.

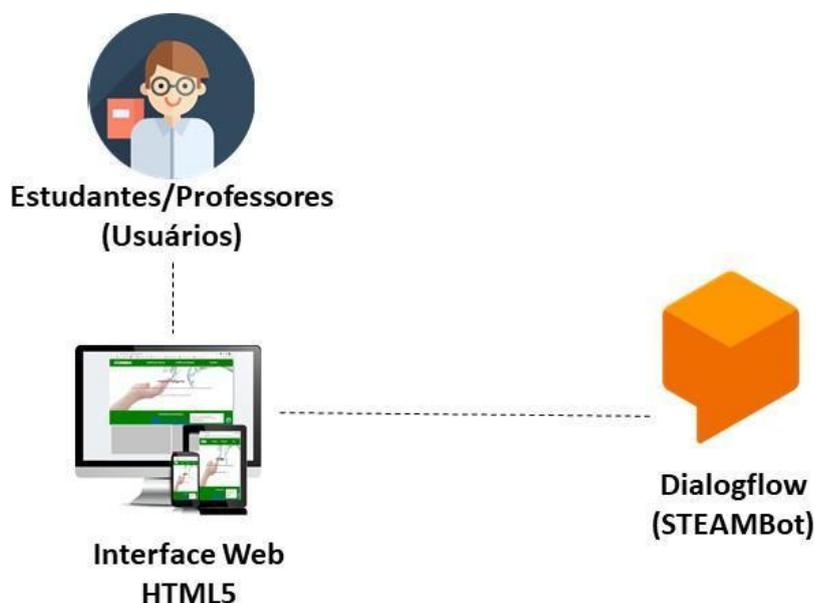


Figura 5. Ilustração da arquitetura da solução do tutor virtual STEAMBot. Fonte: Própria autora, 2021.

Como pode-se visualizar a arquitetura da solução, do STEAMBot, é uma arquitetura simples, sendo que a aplicação ocorre através da conexão entre a interface web com o Dialogflow®, o qual é responsável por ter o banco de perguntas e respostas, por meio do *chatbot*. Dessa forma, o usuário ao interagir com a interface web ativará o *Dialogflow*® através da conversa com o assistente virtual.

A plataforma do *Dialogflow*® é dividida em alguns módulos como intenções (*intents*), entidades (*entities*) e contextos que favorecem o fluxo do diálogo. Para o desenvolvimento do STEAMBot as intenções foram criadas para responderem aos estudantes e professores sobre temas que estão previstos tanto nas propostas de desenvolvimento das competências e habilidades da BNCC (BRASIL, 2018) quanto os que estão presentes nos currículos e livros didáticos utilizados nas escolas. Além disso, as respostas foram pensadas para a aplicação do movimento STEAM e da metodologia baseada em projetos, por exemplo, a partir de uma pergunta do usuário o *chatbot* procura em sua base de dados a resposta mais adequada que será em forma textual ou com indicações de vídeos para que o usuário possa ser estimulado a desenvolver um projeto aplicando os conceitos do STEAM.

Foi criado um fluxo de conversa baseado nas competências e habilidades propostas na BNCC (BRASIL, 2018) para a área de Ciências da Natureza para os anos finais do ensino fundamental. Neste sentido, foi utilizada uma árvore de decisão, a qual fornece uma lista com respostas, eventos e opções. Ao ser criada a árvore de decisão pensou nos usuários que a partir de uma pergunta pode seguir por diferentes caminhos. Assim, o fluxo de diálogo segue o caminho até encontrar a resposta adequada para o usuário de acordo com a sua interação, ou seja, um estudante ao interagir com o STEAMBot pode seguir diferentes caminhos até chegar na resposta que desejava na área de Ciências da Natureza. Como pode ser visualizado na figura 6:

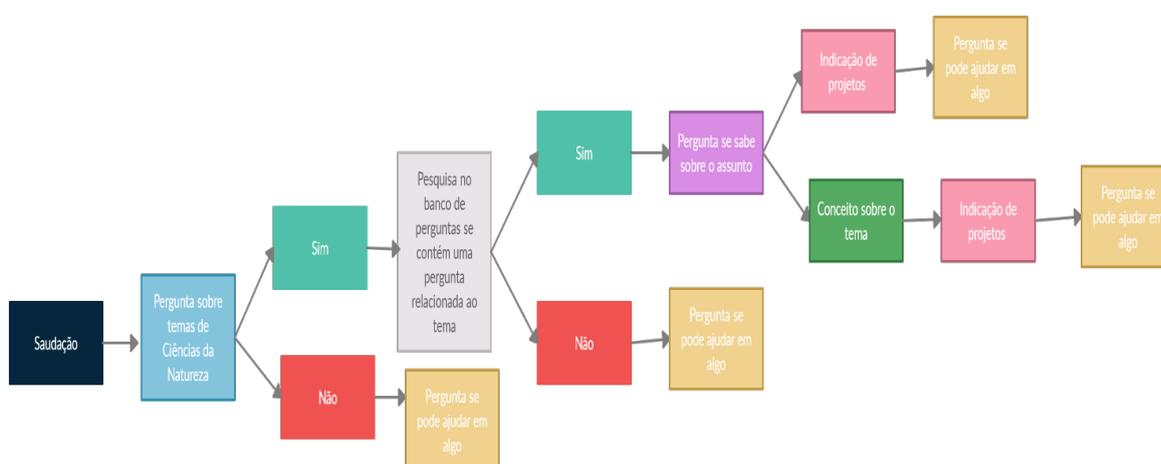


Figura 6. Árvore de decisão do chatbot – STEAMBot. Fonte: Autora, 2021.

Dentro deste contexto, a resposta de cada tema foi estruturada conforme a árvore de decisão, pois no momento que o usuário iniciar a interação através de uma pergunta, frase ou palavra, o *chatbot* irá verificar se contém em seu banco de intenções essa pergunta para então retornar uma resposta ou uma pergunta se pode ajudar em algo sobre a Ciências da Natureza. Dessa maneira, a resposta pode ser a conceitualização do tema, se o usuário não compreende o que está perguntando ou se já compreende o *chatbot* retorna com a indicação de um projeto de experiência para que o usuário desenvolva.

O principal objetivo do desenvolvimento e treinamento desse *chatbot* foi utilizar as competências e habilidades propostas pela BNCC (BRASIL, 2018) e os conceitos

de Ciências da Natureza para treiná-lo dentro da plataforma. Os temas escolhidos, primeiramente, foram os abordados temas dos anos finais do ensino fundamental, assim o STEAMBot consegue responder perguntas sobre as unidades temáticas de matéria e energia, vida e evolução e Terra e universo com os objetos de conhecimentos: máquina simples, formas de propagação de calor, equilíbrio termodinâmico e vida na Terra, história dos combustíveis e das máquinas térmicas, diversidade de ecossistemas, fenômenos naturais e impactos ambientais, programas e indicadores de saúde pública, composição do ar, efeito estufa, composição da camada de ozônio, fenômenos naturais, placas tectônicas e deriva continental, fontes e tipos de energia, transformação de energia, cálculo de consumo de energia elétrica, circuitos elétricos, uso consciente de energia elétrica, mecanismos reprodutivos, sexualidade, sistema solar, Terra e Lua e clima.

6.1. Características e funcionalidades do STEAMBot

O fluxo de ações do STEAMBot inicia desejando boas-vindas aos estudantes e professores, além de se apresentar e perguntar se tem alguma questão sobre Ciências. Logo após esse primeiro contato, se usuário desejar interagir com o *chatbot* digita uma pergunta e/ou palavra, de acordo com as informações passadas pelo usuário, o STEAMBot irá apresentar o conceito do tema desejado e recomendar a realização de um projeto. O usuário tem a opção de visualizar o vídeo proposto para realizar o projeto ou continuar obtendo informações sobre diferentes temas.

Nesta implementação inicial o STEAMBot foram criadas 175 intenções para as unidades temáticas e os objetos de conhecimentos da área de Ciências da Natureza proposta para os anos finais do ensino fundamental. Em cada intenção foi incluída algumas questões ou conceitos sobre o tema e a recomendação de um projeto relacionado a aquele tema. Outras intenções relacionadas à alfabetização científica foram criadas com respostas como fazer pesquisa e as regras da ABNT.

● aquecimento_global
● ar_composicao
● assunto_problema
● avaliar_objetivo_resultado
● avaliacao_final
● biodiversidade
● BNCC
● buraco_camadaozonio
● caatinga
● calor
● camada_ozonio
● camadas_terra
● camadasdear_terra
● cerrado

Figura 7. Ilustração de algumas intenções criadas no Dialogflow. Fonte: Autora, 2021.

Essas são algumas das intenções criadas, lembrando que uma intenção é um conjunto de exemplos de temas que os estudantes e professores podem vir a utilizar na sua comunicação de acordo com um objetivo ou ideia. Também foram criadas as entidades, pois é através delas que o *Dialogflow*[®] consegue identificar partes significativas de uma interação, as quais são importantes para conseguir responder de forma correta as perguntas.

Na parte do contexto que é o local onde foi definido o fluxo do diálogo, do começo ao fim. Através de nós foram construídas as condições, as quais usam condições alinhadas com o reconhecimento das intenções e entidades. Por exemplo, se o estudante e/ou professor(a) tenha realizada uma pergunta onde a intenção foi reconhecida como sendo um tema de máquina simples, a identificação da intenção saberá qual é o modelo de resposta que espera, e por fim, com as condições sendo verdadeiras no contexto será identificada a melhor resposta para aquele cenário. Para o chatbot do STEAMBot foi criado um nó para intenções com temas que são possíveis o desenvolvimento de projetos como máquina simples, e para cada conjunto de resposta foi criado uma condição para verificar a intenção é igualar a habilidade a ser desenvolvida de acordo com a BNCC (BRASIL, 2018), assim como o modelo de

resposta a ser enviada ao usuário. Considerando isso, cada intenção possui as habilidades a serem desenvolvidas como pode ser verificado na tabela 3.

Habilidades	Intenções
EF07CI01	maquina_simples; construir_maquina_simples
EF07CI02	temperatura_calor
EF07CI03	exemplos_propagacao_calor; transferencia_calor
EF07CI04	Surgimento_maquinas; maquina_termica;tipos_maquinas_termicas
EF07CI05	combustiveis_maquinas
EF07CI06	maquinas_e_mundo_moderno
EF07CI07	caatinga; cerrado; floresta_amazonica; mata_atlantica; pampas; pantanal
EF07CI08	vulcao; movimento_placastectonicas;
EF07CI09	Indicadores_saude; saude; saude_publica
EF07CI10	Vacinas
EF07CI11	tecnologias; tecnologia_agricultura; tecnologia_educacao; tecnologia_saude; tecnologia_seguranca; tecnologias_cotidiano
EF07CI12	ar_composicao; camadasdear_terra
EF07CI13	efeito_estufa
EF07CI14	camada_ozonio
EF07CI15	vulcao; terremotos; tsunamis
EF07CI16	costa_brasileira; costa_africana
EF08CI01	energia_nao_renovaveis; energias_renovaveis; fontes_tipos_energia
EF08CI02	circuitos_eletrico; construir_circuito_eletrico
EF08CI03	principais_tiposdeenergia; classificar_produtos
EF08CI04	calcular_consumo_energia
EF08CI05	escolher_aparelhos_diminuir_consumo
EF08CI06	usinas_geracao_energia
EF08CI07	reprodução_plantas; reprodução_animais
EF08CI08	Puberdade
EF08CI09	métodos_contraceptivos
EF08CI10	Dst
EF08CI11	sexualidade_humana
EF08CI12	fases_lua; construir_lua
EF08CI13	sistema_solar; construir_sistema_solar
EF08CI14	climas; clima_tropical; clima_equatorial; clima_semi_arido; clima_subtropical; clima_subtropical; clima_tropical_atlantico
EF08CI15	previsão_tempo; simular_tempo

EF08CI16	equilíbrio_ambiental
----------	----------------------

Tabela 3. Intenções relacionadas às habilidades segundo a BNCC.
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A tabela das intenções relacionadas às habilidades segundo a BNCC (BRASIL, 2018) foi construída para que os usuários possam interagir com o *chatbot* e ter respostas adequadas às necessidades de acordo com a proposta curricular para a área de Ciências da Natureza na educação brasileira. Assim, estudantes e professores de qualquer região brasileira podem ter acesso ao tutor virtual inteligente e cada interação será treinada para melhorar sua performance nas próximas interações.

Portanto, as mensagens são classificadas de acordo com as habilidades. Este modelo permite uma interação personalizada de acordo com o tema que os usuários desejam obter.

6.2. Interações com o STEAMBot

Para o desenvolvimento da interface do STEAMBot foi utilizada a linguagem de desenvolvimento HTML5 e a linguagem de design CSS, as quais conseguiram suportar todos os requisitos de desenvolvimento do *chatbot* e, principalmente, a integração com o serviço do Dialogflow®. Além disso, com essas linguagens de desenvolvimento foi possível desenvolver um web site multiplataforma, o qual agrega valor porque pode ser utilizado em diferentes dispositivos.

A interface conversacional do STEAMBot é simples e intuitiva permitindo que as interações ocorram com qualidade e eficiência. Desenvolver uma interface para uma comunicação pensada em um universo onde as interações ocorrem em tempo real e se transforme em constante usabilidade são grandes desafios, pois os usuários devem ser sempre o foco. Assim, o processo de desenvolvimento da interface previu a empatia e a antecipação de problemas. Afinal, para a comunicação ficar mais natural e fluída possível por meio do processamento de linguagem natural foi utilizada uma linguagem simples e dentro do contexto dos usuários que são estudantes e professores dos anos finais do ensino fundamental

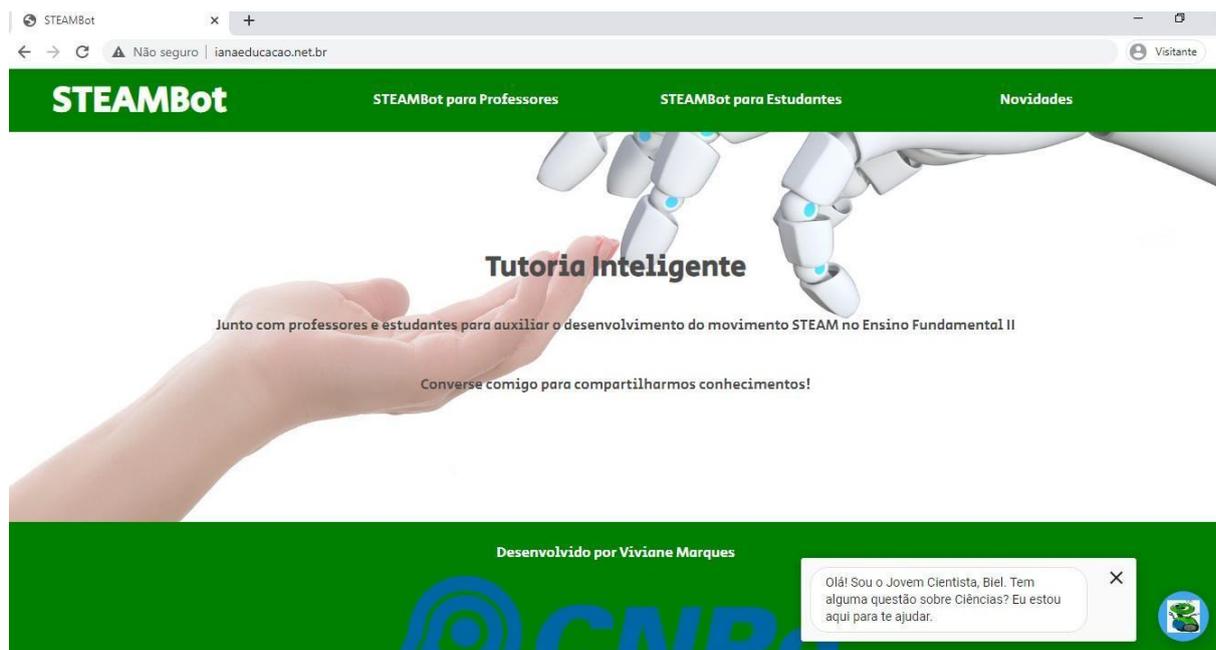


Figura 8. Página inicial do web site onde está integrado ao chatbot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Pode-se verificar que o *web site* é dividido em quatro páginas, sendo a página inicial, a direcionada para os estudantes, outra para os professores e uma para as novidades sobre o sistema. O STEAMBot está integrado em todas as páginas, sendo possível a interação em qualquer uma que o usuário esteja navegando. Buscou-se imagens relacionadas ao tema de cada página, a primeira reflete a interação humano-máquina já pensando na tutoria virtual inteligente.

Para iniciar a interação com o assistente virtual é necessário clicar na mensagem que aparece no rodapé da página, para que assim possa abrir a janela com o espaço para digitar a pergunta e outro espaço onde aparecerá as interações. Como é visualizado na figura 9:

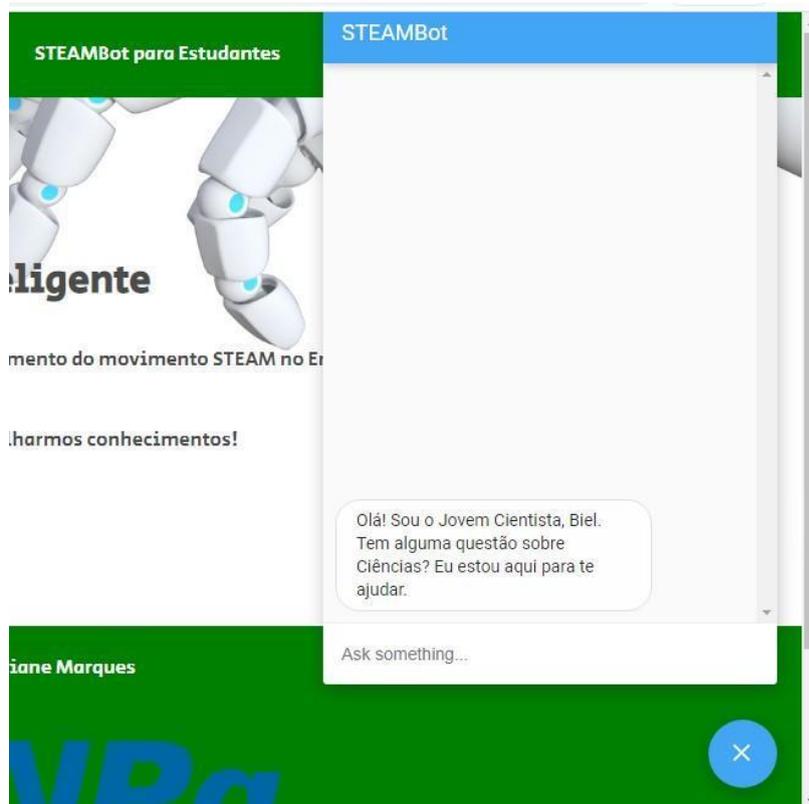


Figura 9. Abertura da janela de interação do STEAMBot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Quando a janela do *chatbot* é aberta, a interação já pode iniciar com a digitação de uma pergunta no espaço “*Ask something*” e enviar, após receber a pergunta, o assistente virtual irá retornar uma resposta com uma pergunta norteadora sobre o tema e a sugestão de vídeos para aprofundarem o tema para que o usuário possa iniciar o desenvolvimento do seu projeto. As perguntas e respostas ficam no espaço e podem ser consultadas enquanto houver as interações, ao sair do site e cessar a interação elas não aparecem mais, tendo que começar outra interação ao retornar no site.

A Figura 10 demonstra o diálogo entre um estudante e o STEAMBot para consulta no tema de vulcões, sendo a primeira imagem o primeiro contato que a estudante ativa o sistema e a segunda imagem a continuação da resposta do sistema e a recomendação de um projeto.

É possível verificar que nesta interação o usuário gostaria de saber sobre o vulcão. A sua pergunta retornou uma resposta com o conceito do que é um vulcão e uma recomendação em forma de incentivo para a realizar o projeto que se destina a

construção de um vulcão em seu ambiente, para descobrir como é possível compreender um fenômeno a partir de uma experiência. Se o usuário clicar no “Vamos construir um vulcão”, será direcionado para outro site que terá um vídeo explicativo de como realizar essa experiência.



Figura 10. Ilustração de uma interação de um estudante com o STEAMBot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

É possível verificar que a interação é simples e com respostas curtas e rápidas para tirar as dúvidas dos estudantes e recomendar pesquisas e projetos nos temas abordados, seja através de experiências ou de propostas de projetos. Neste sentido, as interações com o STEAMBot ampliam a capacidade de construir conhecimentos e desenvolver competências e habilidades a qualquer hora e em qualquer lugar, pois não é necessário baixar aplicativo, apenas acessar a internet.

O STEAMBot encurta a distância e otimiza diversas tarefas como tirar dúvidas sobre determinado tema. Com esse tipo de interação possibilita o estabelecimento de uma comunicação imediata, enquanto amplia as possibilidades de respostas para os estudantes e aos professores. Como é um serviço de recomendações e de tirar dúvidas diminui a necessidade de os(as) professores realizarem atividades repetitivas de explicações e que requerem pouca criatividade.

Deste modo, o STEAMBot permite um atendimento imediato e que contribui para a experiência dos estudantes e professores com as tecnologias, ou seja, a experiência humano-máquina. Esse tutor virtual inteligente é um sistema que através de respostas a perguntas utilizando o processamento de linguagem natural e a

automação de diálogos para manter um relacionamento com os estudantes e professores.

Neste sentido, o usuário pode manter o diálogo para tirar suas dúvidas sobre outros temas e, assim, o STEAMBot aprende enquanto está interagindo com os usuários, ou seja, o sistema aprende a nossa linguagem e consegue buscar por respostas para as dúvidas dos usuários de forma mais precisa, por isso quanto mais interação, melhora a precisão da resposta com a sua aprendizagem. Como pode ser visto na Figura 11.

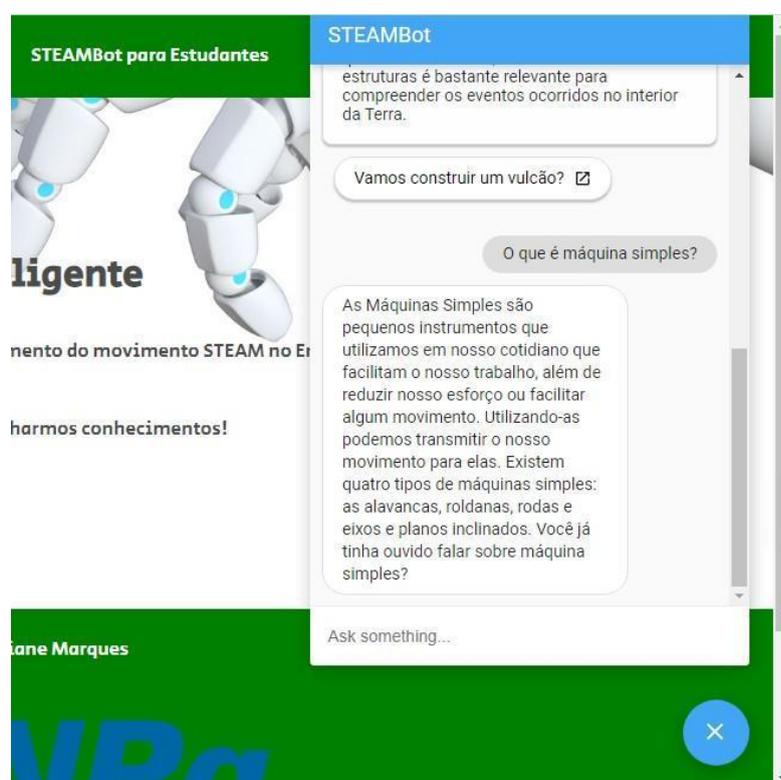


Figura 11. Ilustração da continuidade de uma interação com o STEAMBot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Como pode ser visualizado na Figura 11, após a interação sobre um tema, o usuário realizou outra questão de um outro assunto. Dentro deste contexto, o STEAMBot retornou com a definição do conceito e com uma pergunta para o usuário, onde terá a possibilidade de seguir um dos dois caminhos definidos dependendo da resposta, se for afirmativa ou negativa. Se for afirmativa o chatbot irá indicar o desenvolvimento de uma experiência para que, assim, o estudante possa desenvolver o movimento STEAM, utilizando

conhecimentos de Ciências, das tecnologias para desenvolver o projeto, juntamente com a engenharia, as artes e a matemática. As experiências propostas foram pensadas, sempre, nesse desenvolvimento.

Agora, se o estudante ainda não tivesse entrado em contato com o conceito e, a partir da interação foi a primeira vez, o STEAMBot irá retornar mais uma resposta explicando os tipos de máquinas simples e fazer a mesma pergunta se deseja fazer a experiência de construir uma máquina simples, que segundo a árvore de decisão também terá duas opções, afirmativa e negativa, se for afirmativa vai propor a construção de uma máquina simples com os objetos que tem em seu ambiente, mas se for negativa agradecerá o contato e pedirá para avaliar como foi a interação, como pode ser visto na figura 12



Figura 12. Modelo da finalização de uma interação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Então como foi visto até o momento, as interações dos estudantes com o STEAMBot foram programadas para responder as perguntas e recomendar propostas de projetos e experiências. Todas as intenções foram pensadas com o objetivo de proporcionar além de respostas imediatas e curtas, mas também a possibilidade de aprender sobre os diferentes conceitos por meio de colocar em prática o que está

desejando compreender. Dessa forma, possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades propostas pela BNCC (BRASIL, 2018) e do movimento STEAM.

Contudo, se a interação ocorrer a partir dos conhecimentos dos professores, o STEAMBot buscará por respostas mais diretas e em alguns temas, como desenvolver um projeto pode apresentar propostas de experiências a serem realizadas com os estudantes. Dessa maneira, as interações promovem a aquisições de novas ideias para aplicar no desenvolvimento de suas aulas. A figura 13 mostra uma possível interação de um(a) professor(a) com o STEAMBot.

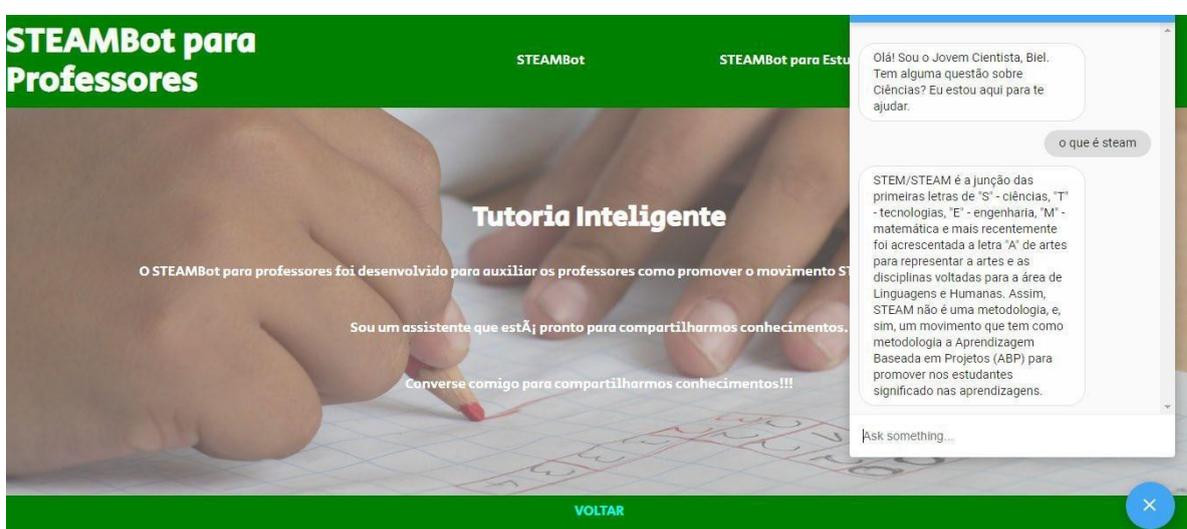


Figura 13. Exemplo de uma interação de um(a) professor(a) com o STEAMBot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Portanto, as interações tanto dos estudantes quanto dos professores possibilitam treinamento do STEAMBot para que possa aprimorar cada vez mais suas respostas e recomendações. Isso faz com que fique mais inteligente e apresente propostas de acordo com os usuários.

6.3. O STEAMBot e a Metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos e o STEAM

O assistente virtual inteligente, o STEAMBot, foi desenvolvido para que ao interagir com os usuários, suas respostas contenha a combinação de aprendizagem baseada em projetos, o movimento STEAM e as competências e habilidades propostas pela BNCC para a área de Ciências da Natureza nos anos finais do Ensino Fundamental. A combinação desses elementos é muito importante para que os estudantes possam aprender não somente interagindo com o *chatbot*, mas também aprendam fazendo. A IA está cada vez mais presente na vida cotidiana e é um caminho importante de ensino para as gerações acostumadas com os assistentes virtuais.

Um dos caminhos das interações dos estudantes com o STEAMBot é por meio de aprendizagem ativa, pois ao interagir com o assistente virtual o estudante é instigado por meio de uma pergunta norteadora a desenvolver um projeto. Nesse contexto, os estudantes, sob a orientação de professores, despertam a possibilidade de desenvolver habilidades de levantar questões, problemas e buscar soluções sobre o tema que pesquisou no assistente virtual inteligente e foi instigado a responder uma pergunta e apresentado um vídeo explicativo para compreender o tema.

O STEAMBot a partir de respostas baseadas na metodologia de ABP e o movimento STEAM faz com que o estudante se envolva com o tema, para que assim pesquise, avalie situações e diferentes pontos de vistas, faça escolhas, aprenda pelas descobertas, caminhe sempre do mais simples para o mais complexo e assumam riscos no desenvolvimento de seus projetos. Isso ocorre desde o início da interação com o assistente virtual quando os estudantes fazem uma pergunta e a resposta que recebe é uma pergunta norteadora e indicações de vídeos explicativos e/ou experiências sobre o tema. Assim, favorece a mobilização de diferentes competências como emocionais, intelectuais, pessoais, investigativas e de comunicação.

Nas etapas de desenvolvimento do projeto o STEAMBot propõe que os estudantes necessitam do acompanhamento dos professores para ajudá-los a estabelecer conexões, as quais não são percebidas com a simples interação com o assistente virtual, além de torná-los conscientes de alguns processos, desenvolver as etapas mais rapidamente e enfrentar novas possibilidades de projetos. Neste sentido, com as respostas baseadas em ABP, os estudantes são envolvidos com desafios para resolverem um problema ou desenvolverem um projeto, como pode ser visto na figura 14.



Figura 14. Interação com pergunta norteadora no STEAMBot.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Por meio dos projetos propostos pelo assistente virtual inteligente são desenvolvidas habilidades do pensamento crítico e criativo, além de que possam perceber que existem diferentes maneiras de resolver um problema, o que são competências necessárias para o século XXI. Dessa forma, os estudantes desenvolveram o projeto utilizando conhecimentos de diferentes disciplinas, pois é um projeto transdisciplinar, mas também os de tecnologias, engenharia para construir um artefato, juntamente com o designer que está presente nas artes, ou seja, o conjunto de conhecimentos das áreas do STEAM.

Importante salientar que a ABP diferentemente de uma sequência didática tem como objetivo um artefato, assim o STEAMBot em suas interações buscam, por meio de perguntas norteadoras, estimularem o desenvolvimento de um artefato utilizando os temas geradores da área de Ciências. Esse artefato a ser produzido não precisa necessariamente ser uma máquina, mas pode ser uma campanha, uma ideia entre outras soluções possíveis de resolver os problemas propostos.

Como vimos a pergunta norteadora na figura 14: "Como você e seus colegas podem contribuir para que o aquecimento global não cause tanto prejuízo à natureza?" A partir dessa pergunta norteadora, os estudantes podem desenvolver diferentes projetos com reflexão, pesquisa, design, desenvolvimento, avaliação e sempre pensando em melhorias nos artefatos produzidos. Isso gera oportunidades

para os estudantes aplicarem os conhecimentos que estão adquirindo e desenvolverem habilidades e competências propostas pela BNCC.

Esse assistente virtual inteligente adota a ABP, o qual buscou-se por perguntas norteadoras para que os estudantes possam resolver problemas que vivenciam na sociedade atual a partir das reflexões e observações da sua comunidade, ou seja, a partir da interação com o STEAMBot, os estudantes são estimulados a refletirem e observarem sua comunidade para desenvolverem artefatos para solucionar os problemas dentro do tema proposto.

É importante os professores pensarem que o assistente virtual inteligente oferece um recurso a ser explorado pedagogicamente, como a interação em qualquer momento sem ser a sala de aula para pesquisar sobre diferentes temas e serem estimulados a desenvolverem projetos. A proposta é realmente integrar o STEAMBot nas aulas de Ciências.

Assim, a implementação desse recurso em sala de aula pode ser facilitada pelos professores, isso ocorre quando aprendem a gerir o ensino e conhecer os estudantes como aprendizes e pode auxiliar no processo de identificação dos recursos tecnológicos digitais mais adequados para o desenvolvimento dos projetos. O assistente virtual inteligente é uma estrada de mão dupla, onde os professores indicam para os estudantes utilizarem e os estudantes interagem com o STEAMBot para ajudar o professor a identificar qual projeto é mais adequado para desenvolver de acordo com a comunidade escolar.

Ressalta-se que o assistente virtual inteligente, STEAMBot, envolveu em seu desenvolvimento a recriação de sentidos e significados para os conhecimentos a serem construídos nas redes. Assim, Lévy (2010) afirma que é fundamental aprender, nas diferentes experiências com gestos, narrativas, percursos cotidianos que são apresentados dentro do ambiente de sala de aula, e esse assistente é uma nova experiência significativa do ensinar.

Neste sentido, principalmente no século XXI e neste momento de pandemia de Covid-19, que a educação teve o grande desafio de pensar novas formas de ensinar e compartilhar a relação entre experiência e sentido utilizando as tecnologias digitais no ensino remoto.

Considerações finais

Como visto na revisão bibliográfica sobre o ensino de Ciências no Brasil, ainda necessita de diferentes práticas pedagógicas para melhorar o desempenho dos estudantes brasileiros no PISA. Além disso, mostrou a expansão da utilização da IA, especialmente, dos *chatbots* nas atividades cotidianas. Portanto, ficou compreensível a importância desses dois temas para justificar a realização desta pesquisa para verificar a possibilidade de desenvolvimento de um tutor virtual inteligente através da integração do ensino e aprendizagem de Ciências com um *chatbot*.

Para atingir o objetivo de desenvolver o STEAMBot foi fundamental um estudo sobre o processamento de linguagem natural e assistentes virtuais para, então, analisar as APIs disponíveis e escolher a plataforma do Dialogflow®, do Google. A partir dessa escolha foi possível estruturar as intenções, entidades e contexto para que, assim, o assistente virtual fosse desenvolvido com uma metodologia ABP e o movimento STEAM, com base nas competências e habilidades propostas na BNCC para a área de Ciências da Natureza para os anos finais.

Para que as interações fossem mais humanizadas como um tutor virtual inteligente as características dos níveis de ensino dos temas e o modelo de resposta para cada usuário, seja professores ou estudantes, revelou-se importante para construir um dinamismo nas respostas, mas também de acordo com o usuário, pois dependendo do tema da pergunta, as respostas eram diferentes.

Com relação ao desenvolvimento da interface do *web site* para a integração do STEAMBot, a linguagem de programação *HTML5* e a *CSS* foram adequadas para essa pesquisa e implementação do STEAMBot. Além disso, foi possível desenvolver um *web site* multiplataforma que pode ser acessado em diferentes dispositivos eletrônicos, como smartphones, tablets e computadores.

Outras contribuições importantes para o desenvolvimento do STEAMBot foram a metodologia do *Design Experimental* (BUCCINI, 2008) que conseguiu criar uma interface de acordo com o público-alvo e as personas definidas, e a modelo ADDIE que foi essencial para a projeção e execução da criação e aplicação do *chatbot*. Os princípios dessas metodologias foram colocados em prática através de etapas que foram sendo cumpridas para o desenvolvimento. Todas as etapas foram integradas e o *design* e a criação do banco de dados de perguntas e respostas criados conforme

as necessidades encontradas para a aplicação do movimento STEAM e o desenvolvimento de competências e habilidades propostas pela BNCC (BRASIL, 2018).

Portanto, após a revisão bibliográfica e o levantamento de dados, foi desenvolvido o *chatbot*, nomeado STEAMBot e a interface do *web site*. Dessa forma, foi possível desenvolver um tutor virtual inteligente com as características de um jovem cientista que está compartilhando seus conhecimentos sobre Ciências da Natureza por meio do ambiente virtual com o processamento de linguagem natural e usa o aprendizado. Para aprimorar e, assim, contribuir para o ensino dessa área nos anos finais do ensino fundamental. Neste contexto, os estudantes da educação básica pública, especialmente nessa pesquisa, estão sendo colocados na vanguarda de possibilidades e desafios para aprender, pois é um recurso tecnológico aberto e disponível no ambiente virtual com livre acesso.

Assim, o objetivo da pesquisa de desenvolver o tutor virtual inteligente foi alcançado com o STEAMBot, porém, ainda, não foi possível aplicá-lo com os estudantes e professores no contexto da pandemia. Desta maneira, pretende-se realizar a aplicação do tutor virtual inteligente por meio da divulgação no ambiente virtual para que os interessados possam interagir com esse recurso educacional aberto. Portanto, segundo Bondía (2002), é fundamental descobrir situações para que seja possível experimentar caminhos que possibilitam que algo novo ocorra, nos toques, nos desacomode, provocando a recriar direções e sentidos, dando novos significados às maneiras de atuar por meio de narrativas compartilhadas em rede.

Por sua vez, revela-se importante a opção metodológica amparada na ABP para as interações com os estudantes, assim como o uso de uma linguagem compreensível para as interações comunicacionais. Essa importância se deve ao fato de que tanto a arquitetura do *chatbot* quanto a arquitetura dos conteúdos e linguagens dos conteúdos disponibilizados para interações propiciarem a retomada dos elementos teóricos e conceituais, ao mesmo tempo orientarem por meio de uma pergunta norteadora a produção de projetos.

O modelo do tutor virtual inteligente, o STEAMBot, têm a possibilidade de utilização em propostas didáticas metodológicas nas aulas de Ciências que têm como prioridade, entre outras práticas, a aprendizagem baseada por projetos, o protagonismo e autoria dos estudantes. Nesse sentido, o STEAMBot pode

proporcionar maior envolvimento tanto dos estudantes quanto dos professores no processo de ensino, de forma a fomentar e motivar habilidades e competências de autonomia, além de desenvolver as de construção de conhecimentos e resolução de problemas. Nessa perspectiva os estudantes constroem seus conhecimentos por meio da interação com o tutor virtual, os estudantes, professores, com as demais pessoas que as cercam, transferindo o objetivo do processo educacional do simples ato de ensinar para o de aprender.

Esse tutor virtual inteligente apresenta elementos teóricos, conceituais e perguntas norteadoras que podem subsidiar a elaboração de propostas de projetos, assim como tem potencial para fomentar novos projetos da utilização da IA na educação, especialmente, no contexto de pesquisa na área de mestrado e doutorado na Educação. Dentro desse contexto, é necessário identificar e avaliar quais aspectos do STEAMBot requerem aprofundamento, e que carecem de pesquisas e estudos.

O STEAMBot poderá ser aplicado em projetos de pesquisa em instituições educacionais públicas e privadas, com o objetivo de produzir e alimentar o tutor virtual inteligente com conteúdo de informação científica e tecnologicamente com o uso da IA destinados à interação por PNL. Além disso, a aquisição de conhecimentos científicos para novos projetos de pesquisa com a participação de profissionais de diferentes áreas de conhecimento, na busca de soluções inteligentes, interativas e integradas ao sistema educacional que sejam condizentes com o designer co-participativo.

Esse aspecto é importante tornar-se constante na Educação com a interação com as tecnologias, principalmente, de Inteligência Artificial, que cada vez mais caminha na direção de promover a disseminação de conhecimentos e informações de forma mais acessível e adequada às exigências da realidade dos estudantes. Nessa perspectiva, considera-se o envolvimento de instituições educacionais para a experimentação desse projeto de pesquisa que não foi possível, inicialmente, devido à pandemia de Covid-19, para que seja possível avaliar as interações e realizar as adequações necessárias para um ensino de Ciências baseado no movimento STEAM com a metodologia baseada em projetos.

REFERÊNCIAS

ADAMSON, D.; DYKE, G.; JANG, H.; ROSE, C.P. Towards an agile approach to adapting dynamic collaboration support to student needs. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, vol. 24, pp. 2-6, 2014.

ALLEN, J. **Natural language understanding**. Redwood City, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, 1995.

ALLINA, B. The evolution of a game-changing acronym: Why government recognition of STEAM is critical. **ARCADE**, 31(2), 2013. Disponível em: <<http://arcadenw.org/article/the-evolution-of-a-game-changing-acronym>> Acesso em: 13 ago 2020.

ALLINA, B. The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. **Arts Education Policy Review**, p.1–11, 2017.

ANTUNES, C. **Ciências e Didática**: coleção como bem ensinar. Petrópolis: Editora Vozes, 2010.

BACICH, L.; HOLANDA, L. (Orgs.) **STEAM em sala de aula**. Porto Alegre: Penso, 2020.

BENDER, W. N. Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BLANCHARD, E.G. Socio-cultural imbalances in AIED research: investigations, implications and opportunities. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, vol. 25, pp. 204-228, 2015.

BLUMENFELD, P. C.; RONALD, E. S.; MARX, W.; KRAJCIK, J. S.; PALINCSAR, M.

G. & A. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning, **Educational Psychologist**, v. 26 : 3-4, 1991. 369-398, DOI: [10.1080/00461520.1991.9653139](https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139).

BOLDO, F. **3 Usos de ChatBot na Saúde**. 2016 Disponível em: <http://saudebusiness.com/3-usos-dos-chatbots-em-saude>. Acesso em: 15 jun 2020.

BONAMINO, A., SOUSA, S. Z. Três gerações de avaliação da educação básica no Brasil: interfaces com o currículo da/na escola. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 373-388, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ep/v38n2/aopep633.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BRANCH, R. M. Design instrucional: a abordagem ADDIE . Springer, 2009.

BRASIL, L., AZEVEDO, F., BARRETO, J. Hybrid expert system for decision supporting in the medical area: complexity and cognitive computing”. In **International Journal of Medical Informatics**, v. 63, n. 1, pages 19 – 30, 2001.

BRASIL. **Base Nacional Comum - BNCC**. Mec, 2018, p.600. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. Acesso em: 13 jul 2020.

BUCCINI, M. B. P. R. **Introdução ao Design Experiencial**. 1. ed. Recife: Edição do Autor, 2008.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem baseada em projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BURTON, J., HOROWITZ, R., ABELES, H. Learning in and Through the Arts: The Question of Transfer. **Studies in Art Education**, v.41(3), p.228-257, 2000. doi:10.2307/1320379

CARVALHO, A. M. P., SANTOS, E. I., AZEVEDO, M. C. P. S., DATE, M. P. S., FUJII, S.R.S., NASCIMENTO, V. B. **Termodinâmica**: Um ensino por investigação. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação, 1999.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In Carvalho, A. M. P. (org.) **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. (p. 1-20). São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013.

CERVENKA, P., HLAVATY, I., MIKLOSIK, A., LIPIANSKA, J. Using cognitive systems in marketing analysis. In **J. Economic Annals**, v. 160, n. 7-8, pages 56-61, 2016.

CRUZ, L. T.; ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Assistentes virtuais inteligentes e chatbots**: um guia prático e teórico sobre como criar experiências e recordações encantadoras para os clientes da sua empresa. São Paulo, SP: Brasport.

CHOI, G. Y., BEHM-MORAWITZ, E. Giving a new makeover to STEAM: Establishing YouTube beauty gurus as digital literacy educators through messages and effects on viewers. **Computers in Human Behavior**, 73, 80–91, 2017.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J. e VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CAMBI, F. **História da pedagogia**. São Paulo: Ed. da UNESP, 1999.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. **CIEB: notas técnicas #16: Inteligência artificial na educação**. São Paulo: CIEB, 2019.

COELHO, M. I. de M. Vinte anos de avaliação da educação básica no Brasil: aprendizagens e desafios. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 59, p. 229-258, June 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40362008000200005&lng=en&nrm=iso>. access on 29 ago 2020.

CONNOR, A.M.; KARMOKAR, S.; WHITTINGTON, C. From STEM to STEAM:

Strategies for enhancing engineering & technology education. **International Journal of Engineering Pedagogies**, no.5, v.2, p. 37-47, 2015. Disponível em<<http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458>>. Acesso em 20 de jul de 2020.

CRÓ, M. L. **Formação inicial e contínua de educadores/professores**: estratégias de intervenção. Porto. Porto Editora, 1998.

DAUGHERTY, M. K. The prospect of an "A" in STEM education. **Journal of STEM Education: Innovations and Research**, 14(2), 10–15, 2013.

DEAKIN UNIVERSITY. **IBM Watson now powering Deakin**. A new partnership that aims to exceed students' needs, 2014. Disponível em: <<http://archive.li/kEnXm>> Acesso em: 30 Oct 2020.

DORCA, F. Implementation and use of simulated students for test and validation of new adaptive educational systems: a practical insight. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, Vol. 25, pp. 319-345, 2015.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1971.

FELDMAN, S., REYNOLDS, H. Cognitive computing: A definition and some thoughts. In **KMWorld**, v. 23, n. 10, November/December, 2014.

FREIBERG, H. L. **Elementos catalisadores para a promoção da negociação de sentidos**. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015.

FREIRE, P. **Educação e Mudança**. 11. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5^o ed. São Paulo: Atlas, 2010.
IMBERNON, R. A. L., GUIMARÃES, E. M., GALVÃO, R. de M. S., LIMA, A. C. de, SANTIAGO, L. F., JANNUZZI, C. M. L. Um panorama dos cursos de licenciatura em ciências naturais (LCN) no Brasil a partir do 2^o seminário brasileiro de integração de cursos de LCN/2010. **Experiências em Ensino de Ciências**, 6, 2011.

ESTRELA, M. T. **Viver e construir a profissão docente**. Porto: Porto Editora, 1997.

FERENSTEIN, G. "Study: massive online courses enroll an average of 43,000 students, 10% completion", Tech Crunch, 2014 Disponível em: <<http://techcrunch.com/2014/03/03/study-massiveonline-courses-enroll-an-average-of-43000-students-10-completion/>> Acesso em: 23 ago 2020.

GARCIA, C. M. **Formação de professores: para uma mudança educativa**. Porto: Porto Editora, 1999.

GATES, A. E. Benefits of a STEAM collaboration in Newark, New Jersey: Volcano simulation through a glass-making experience. **Journal of Geoscience Education**, v.65(1), p.4–11, 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5^o ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GILBERT, S.B., BLESSING, S.B., GUO, E. Authoring effective embedded tutors: an overview of the extensible problem specific tutor (xPST) system. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 25, pp. 428-454, 2015.

GLASS, D., WILSON, C. The art and science of looking: Collaboratively learning our way to improved STEAM integration. **Art Education**, v.69(6), p.8–14, 2016.

GRAMANI, M. C. N.; SCRICH, C. R. Influência do desempenho educacional na escolha da profissão. **Cadernos de Pesquisa**, v.42, p.868-883, 2013.

GRINNELL, S., ANGAL, S. Luminous Lighting: In This STEAM Activity, Students Create Wire Sculptures That Light up. **Science and Children**, v53 n6 p54-59 Fev, 2016. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=EJ1115151>> Acesso em: 20 jun 2020.

GOZZI, M. E., RODRIGUES, M. A. Características da Formação de Professores de Ciências Naturais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.17(2) p.423-449, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4455/2960>> Acesso em: 17 ago 2020.

HERNANDEZ, F.; VENTURA, M. A organização do currículo por projetos de trabalho: o conhecimento é um caleidoscópio. Porto Alegre: Artmed, 1998.

HODGES, Andrew. **Turing**: um filósofo da natureza. São Paulo: Unesp, 2001.

IBM. **“IBM Watson”**, 2019. Disponível em: <<https://www.ibm.com/Watson/APIs>> Acesso em: 25 abr 2020.

INEP, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Relatório Brasil no PISA 2018. **Ministério da Educação**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2018. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf>. Acesso em: 20 ago 2020.

INEP, Instituto Nacional De Estudos E Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira. **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil**, 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206>. Acesso em: 15 ago 2020.

INTERACTION DESIGN FOUNDATION. **Personas**. <https://www.interaction-design.org/literature/article/personas-why-and-how-you-should-use>

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing Argumentation Learning Environments. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research** p. 91-116. Dordrecht: Springer, 2008.

JACOB JUNIOR, A. F. L. **Buti**: um Companheiro Virtual baseado em Computação Afetiva para Auxiliar na Manutenção da Saúde Cardiovascular. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Março, 2008.

JIA, J., CHEN, W. Motivate the Learners to Practice English through Playing with Chatbot CSIEC. In: Pan Z., Zhang X., El Rhalibi A., Woo W., Li Y. (eds) Technologies for E-Learning and Digital Entertainment. Edutainment. **Lecture Notes in Computer Science**, vol. 5093. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69736-7_20.

JOHNSON, L., ADAMS BECKER, S., ESTRADA, V., FREEMAN, A.. NMC Horizon

Report: Museum Edition. **The New Media Consortium**. Austin, Texas: Retrieved, 2015. Disponível em: <<https://www.learntechlib.org/p/182009/>> Acesso em: 30 abr 2020.

KERFOOT, P., et al. A Multi-institutional Randomized Controlled Trial of Web-based Teaching to Medical Students. **Academic Medicine**, v. 81(3), p. 224–230, 2006.

KHAN, A. R.; AMIN, H. U.; REHMAN, Z. U. Application of Expert System with Fuzzy Logic in Teacher's Proformance Evaluation. **International Journal of Advance Computer Science and Application**, 2(2), 51-57, 2011. Doi: 10.14569/IJACSA.2011.020210.

KHANNA, S.; KAUSHIK, A.; BARNELA, M. **Expert system advances in education. National Conference on Computacional Instrumentation**. Chandigarh, Índia, 2011. Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. Metodologia Científica (5th ed). São Paulo: Atlas, 2011.

KIM, M. G.; CHOI, S. Y. The effects of the STEAM proect-based learning on students' creative problem solving and Science achievement in the elementar Science class. **Journal of Science Education**, v. 37, n. 3, p. 562-572, 2013.

KNILL, O., CARLSSON, J., CHI, A., LEZAMA, M. **An artificial intelligence experiment in college math education**, 2003. Disponível em: <<http://www.math.harvard.edu/~knill/preprints/sofia.pdf>> Acesso em: 29 mai 2020.

KNOLL, M. **Método de projeto e ensino interdisciplinar**: uma consideração histórico-sistemática. Além das fronteiras disciplinares: oportunidades e dificuldades na aprendizagem interdisciplinar em escolas e aulas. Ed. L. Duncker & W. Popp. Heinsberg: Agência Dieck, 1997.

KOWALSKI S, HOFFMAN, R, JAIN, R, MUMTAZ, M. Using Conversational Agents to Help Teach Information Security Risk Analysis. SOTICS: **The First International Conference on Sociol Eco-Informatics**, 2011. Disponível em: <www.thinkmind.org/download.php?> Acesso em: 03 ago 2020.

KUYVEN, N. L.; ANTUNES, C. A.; VANZIN, V. J. de B.; SILVA, J. L. T.; KRASSMANN, A. L.; TAROUCO, L. M. R. Chatbots na educação: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v.16, n.1, dez. 2018.

LEONHARDT, M. D.; CASTRO, D. D.; TAROUCO, L. M. R. ELEKTRA: um Chatterbot para uso em ambiente educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 1-11, set. 2003.

LEONHARDT, M. D. **Um estudo sobre Chatterbots**. Trabalho individual – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LIAO, C. From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education, **Art Education**, 69:6, 44-49, 2016. DOI: 10.1080/00043125.2016.1224873.

LIPKO, H. **Meet Jill Watson**: Georgia Tech's first AI teaching assistant, 2016. Disponível em: <<https://pe.gatech.edu/blog/meet-jill-watson-georgia-techs-first-ai-teaching-assistant>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. **Metodologia Científica**. 5º ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARSHALL, J. Transdisciplinarity and art integration: Toward a new understanding of art-based learning across the curriculum. **Studies in Art Education**, 55(2), 104–127, 2014.

MARTINS, J. P. P. Proposta de Implementação de um Chatterbot com Análise do Histórico da conversa para Realizar a Desambiguação Léxica de Sentido (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

MILARÉ, T., ALVES FILHO, J. P. Ciências no nono ano do Ensino Fundamental: da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica. **Ensaio**, 12(2), 101-120, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00101.pdf>> Acesso em: 25 mai 2020.

MITCHAM, C. **Encyclopedia of science, technology, and ethics**. Detroit: Macmillan Reference USA, 2005.

MARTINS, A. P., PORTO, M. B. M. O Ensino e a Aprendizagem das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental II: uma proposta envolvendo a Natureza da Ciência. **Revista Thema**, v.15(3), p.981-990, 2018. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/938/869>> Acesso em: 20 jun 2020.

MAZON, S. **Desenvolvendo Chatbots com Watson Conversation**. Big Data e Análise de Dados.IBM Brasil. 2018. Disponível em: <www.ibm.com/developerworks/br/library/desenvolvendo-chatbots-com-watson-conversacional/index.html>. Acesso em: 10 ago 2020.

NATIONAL ART EDUCATION ASSOCIATION [NAEA]. **Using art education to build a stronger workforce**, 2016. Disponível em: <<https://arteducators-prod.s3.amazonaws.com/documents/535/ff8bfae5-6b4f-4352-b900-4fc1182ad2b1.pdf?1455134278>> Acesso em: 07 out 2020.

NEVES, A. M. M.; BARROS, F. A. iAIML: Um Mecanismo para Tratamento de Intenção em Chatterbots. Publicação: **ENIA XVIII**: 2005 jul. 22-29: São Leopoldo, RS.

NÓVOA, A. **Formação contínua de professores: realidades e perspectivas**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 1991. Disponível em <http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf> Acesso em: 6 out. 2020.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). OCDE define aplicação do Pisa para 2022, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/ocde-define-aplicacao-do-pisa-para-2022>> Acesso em: 20 nov 2020.

OLIVEIRA, C. L. Significado e contribuições da afetividade, no contexto da Metodologia de Projetos na Educação Básica, dissertação de mestrado – Capítulo 2, CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, 2006.

OSBORNE, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change, **Journal of Science Teacher Education**, 25(2), 177–196, 2014. Doi: 10.1007/s10972-014-9384-1

PANIAGO, R. N., SARMENTO, T. A Formação na e para a Pesquisa no PIBID: possibilidades e fragilidades. **Educ. Real.**, Porto Alegre , v. 42, n. 2, p. 771- 792, jun. 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217562362017000200771&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 29 jun 2020.

PASQUALE, F. **The black box society**. The secret algorithms that control money and information. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 2015.

POPENICI, S., KERR, S. Explorando o impacto da inteligência artificial no ensino e aprendizagem no ensino superior. **RPTTEL** v.12, 22, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>>. Acesso em: 15 ago 2020.

PORTZ, S. The challenges of STEM education. Proceedings of the 2015 (43RD) Space Congress: A Showcase of Space, Aviation, Technology, Logistics and Manufacturing. **Aeronautical University-Digital Commons** v.3, p.1–9. Daytona Beach, FL: Embry-Riddle., 2015. Disponível em: <<http://commons.erau.edu/space-congress-proceedings/proceedings-2015-43rd/>> . Acesso em: 23 jul 2020

PRIMO, A.F.T, COELHO, L. R., TAMUSIUNAS, F.R. O uso de chatterbots no ensino a distância. **X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 1999.

QUIGLEY, C. F., HERRO, D. Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. **Journal of Science Education and Technology**, 25(3), 410–426, 2016.

QUIGLEY, C. F., HERRO, D., JAMIL, F. M. Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. **School Science and Mathematics**, v.117(1-2), p.1–12, 2017.

QUINTANA-NEDELCOS, A.; LLOVERA-GONZÁLEZ, J. J. La Construcción del Conocimiento como Proceso Activo en la Enseñanza. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 3, n. 1, Jan. 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3689029>. Acesso em: 20 jul. 2020.

RUSSELL, S. J., NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**, (3rd ed.,). Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2010.

RUTKIN, A. Therapist in my pocket. *New Scientist*, 227(3038), 20, 2015.

UNESCO. Artificial intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development. **Working papers on education policy**, 7, 46, 2019. Disponível em: <<https://en.unesco.org/themes/education-policy>> Acesso em: 15 ago 2020.

SAITTA, L.; ZUCKER, J. D. Abstraction in artificial intelligence and complex systems, vol. 456. Springer, 2013.

SANTOS, E. I. **Ciências nos anos finais do ensino fundamental: produção de atividades em uma perspectiva sócio-histórica**. São Paulo, SP: Anzol, 2012.

SANTOS, G. C. O uso de Inteligência Artificial como ferramenta de apoio a projetos interdisciplinares. O caso de PI – Um Chatterbot para o Projeto Integrador. **Congresso Integrado de Tecnologia da Informação**, 2015.

SANTOS, G. P. C. Contribuições dos espaços não formais de educação para o desenvolvimento de atividades potencialmente significativas para o ensino de ciências (Dissertação de mestrado). Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto - Ufop, Ouro Preto, MG, Brasil, 2016.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.17(no. Especial), p.49–67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira**

de Pesquisa em Educação em Ciências. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833/3034>> Acesso em: 22 out. 2020.

SCHEEPERS, R.; LACITY, M. C.; WILLCOCKS, L. P. Cognitive Automation as Part of Deakin University's Digital Strategy. **MIS Quarterly Executive**, v. 17 Issue 2, p89-107. 19p, Jun. 2018.

SEIDEL, S., TISHMAN, S., WINNER, E., HETLAND, L., PALMER, P. The qualities of quality: Understanding excellence in arts education. Cambridge, MA: **Project Zero, Harvard Graduate School of Education**, 2009 Disponível em: <<http://www.wallacefoundation.org/knowledge-center/Documents/Understanding-Excellence-in-Arts-Education.pdf>> Acesso em: 13 ago 2020.

SEIXAS, R. H. M., CALABRÓ, L., SOUSA, D. O. A Formação de professores e os desafios de ensinar Ciências. *Revista Thema*, 14(1), 289-303, 2017. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/413/296>> Acesso em: 24 mai 2020.

SILVA, A. M.; MATTOS, R. **IBM Watson como Ambiente para Desenvolvimento e Execução de um Chatbot** – Um Estudo de Caso Aplicado ao Processo de Atendimento ao Usuário. In: . São Paulo: [s.n.], 2018. p. 1 – 9.

SILVA, A. F., FERREIRA, J. H. VIERA, C. A. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, 7(2), 283-304, 2017. Disponível em: <<http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/314/262>> Acesso em: 10 abr 2020.

SMITH, C. E., PARÉ, J. N. Exploring klein bottles through pottery: A STEAM investigation. **Mathematics Teacher**, 110(3), 208–214, 2016.

SOLINO, A. P. Problemas potenciais significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2017.

SOUSA, D.A.; PILECKI, T. From STEM to STEAM: using brain-compatible strategies to integrate the arts. Ed. Corwin, 2013.

SWAMINATHAN, S., SCHELLENBERG, E. G. Arts education, academic achievement and cognitive ability. In P. P. Tinio, & J. K. Smith (Eds.). **The Cambridge handbook of the psychology of aesthetics and the arts** (pp. 364–384). New York: Cambridge University Press, 2015.

TATAI, G., CSORDÁS, A., KISS, A., SZALÓ, A., LAUFER, L. Happy chatbot, happy user. In International workshop on intelligent virtual agents, p. 5–12, 2003. TURING, A.M. Computing machinery and intelligence. Mind, 1950.

VEIGA, I. P. A. **Caminhos da profissionalização do magistério**. Campinas, SP: Papelivros, 1998. Wallace R.S. AIML Overview, 2003. Disponível em <<http://www.pandorabots.com/pandora/pics/wallaceaimltutorial.html>> Acesso em: 15 abr 2020.

WALLACE, R. S. Alice: Artificial intelligence foundation inc., 2010. Disponível em: <<http://www.alicebot.org>> Acesso em: 10 out 2020.

WEIZENBAUM, J. ELIZA – a computer program for the study of natural language communication between man and machine. **Communications of the ACM**, v. 9, n. 1, p. 36-45, 1966.

WINNER, E., GOLDSTEIN, T. R., VINCENT-LANCRIN, S. **Art for art's sake? The impact of arts education**. Paris, France: OECD Publishing, 2013.

YAKMAN, G. **STEAM Education: an overview of creating a modelo for integrative education**, 2008. Disponível em: <https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>. Acesso em: 15 jul. 2020.