



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA

GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**CHATBOTS NO APOIO AO APRENDIZADO AUTÔNOMO E
PERSONALIZADO EM EMPREENDEDORISMO**

Adriely Nara Freitas Barbosa
Trabalho de Graduação

Recife
JULHO DE 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA

Adriely Nara Freitas Barbosa

**CHATBOTS NO APOIO AO APRENDIZADO AUTÔNOMO E
PERSONALIZADO EM EMPREENDEDORISMO**

*Trabalho apresentado ao programa de
GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
do CENTRO DE INFORMÁTICA da
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
como requisito parcial para obtenção do grau de
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.*

Orientador(a): *Prof Dr Cristiano C. de Araujo*

Recife

JULHO DE 2017

À minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro, agradeço a Deus, pois sem ele, nada eu poderia fazer. Uma vez que, em meio a tantas dificuldades, ele me deu forças para conseguir chegar ao final da graduação.

A minha mãe, Dinalva Freitas e meu irmão, Adriano Barbosa, quero agradecer por estarem sempre ao meu lado, apoiando nas minhas escolhas e me dando a confiança que preciso para seguir em busca dos meus objetivos. Agradeço também ao meu tio Sérgio Barbosa, por ser exemplo não só de generosidade, mas de grande influência em me fazer perceber o bom caminho que os estudos pode nos levar. Sou grata a toda a minha família, os quais sempre pude contar, que até nos momentos mais difíceis estendem as mãos uns aos outros.

Agradeço aos professores Diógenes Santos, Ana Pontes e Johnston Albuquerque que mesmo em toda agitação do cotidiano, oferecem de forma voluntária o seu tempo para o ensino e ajudar a construir o sonho de vários vestibulandos.

Aos meus amigos da escola, Hemilly Souza, Ilaine Cândida, Isabella Souza, Jessica Lira, e principalmente Chandler Castro, os quais tenho o privilégio de ainda tê-los em minha vida compartilhando bons momentos e que por várias vezes conseguiram trazer o sorriso que precisava durante estressantes finais de períodos acadêmicos. Aos meus amigos da universidade, Lucas Carvalho e Natália Souza, com quem pude compartilhar bons momentos dentro e fora do CIn e os desafios que conseguimos enfrentar. Agradeço em especial a minha amiga Rayane Cruz, por todo o seu apoio e cumplicidade, por suas sábias palavras que me encorajam a ter paciência e persistência. Obrigada Feia!

Agradeço ao meu orientador Cristiano Araújo, que me guiou de forma atenciosa e proporcionou todo apoio necessário para o desenvolvimento deste trabalho. E também ao Centro de Informática e seus professores que dão o seu melhor para tornar o nosso espaço um centro de referência.

RESUMO

Ensino autônomo e personalizado pode ser uma abordagem poderosa para aumentar o engajamento e reflexão do aluno sobre o seu próprio aprendizado. Seu uso no contexto atual de ensino onde grande parte das salas de aulas possuem grandes quantidades de alunos para serem acompanhados e avaliados por um único professor, se torna impraticável. São muitos alunos, cada um com um ritmo próprio, com respostas a diferentes planos de trabalho, com necessidade de feedbacks e avaliação contínua. O uso de tecnologias, como a inteligência artificial, pode apoiar a uso desta abordagem. Existem várias técnicas de inteligência artificial aplicadas ao contexto educacional, uma delas é o emprego de sistemas tutoria inteligente baseado em teoria cognitiva que surgiu entre os anos de 1970 e 1980, na intenção de criar sistemas capazes modelar o conhecimento do domínio do mesmo modo que o conhecimento é representado na mente humana. A interação com tutores inteligentes oferece a possibilidade de adaptar o conteúdo lecionado às necessidades e nível de conhecimento do aluno de forma flexível, inclusiva e envolvente. Neste trabalho, realizamos uma pesquisa exploratória em busca de diferentes modelos e aplicações de tutoria inteligente, a fim de obter referências para a proposta de um modelo de tutoria baseado em AI conversacional capaz de proporcionar ao alunos da disciplina de Empreendimentos em Informática do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Pernambuco, aprendizado autônomo e personalizado.

***Palavras-chave:** chatbots, ensino personalizado, aprendizado autônomo, sistema de tutoria inteligente, sistema cognitivo*

ABSTRACT

Autonomous and personalized learning can be a powerful approach to increase student engagement and reflection on one's own learning. Its use in the current context of teaching where much of the classrooms have large numbers of students to be monitored and evaluated by a single teacher, becomes impractical. There are many students, each with its own rhythm, with answers to different workplans, in need of feedback and continuous evaluation. The use of technologies, such as artificial intelligence, can support the use of this approach. There are several artificial intelligence techniques applied to the educational context, one of which is the use of intelligent mentoring systems based on cognitive theory that emerged between the 1970s and 1980s, in an attempt to create systems capable of modeling domain knowledge in the same way as the Knowledge is represented in the human mind. Interaction with intelligent tutors offers the possibility of adapting content taught to the student's needs and level of knowledge in a flexible, inclusive and engaging way. In this work, we conducted an exploratory research in search of different models and applications of intelligent tutoring, in order to obtain references for the proposal of a model of tutoring based on conversational AI capable of providing students of the discipline of Computer Engineering in the course of Systems Federal University of Pernambuco, autonomous and personalized learning.

Keywords: *chatbots, personalized learning, autonomous learning, tutor intelligent system, cognitive system*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitetura simplificada de tutor adaptativo baseado em modelo.

Figura 2. Arquitetura típica de tutor baseado em modelos baseada no artigo Intelligence Unleashed An argument for AI in Education[7].

Figura 3. exemplo da identificação do perfil do aluno durante um ciclo de tutoria.

Figura 4. Representação do uso das APIs Watson na etapas do modelo do agente proposto.

Figura 5. Demonstração simplificada da atuação do NLU e NLC durante um ciclo de tutoria.

Figura 6. Demonstração simplificada da atuação do Tone Analyze durante um ciclo de tutoria.

Figura 7. Representação diagrama de arquitetura de uma solução completa.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tópicos e palavras-chaves usados na revisão de literatura.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 MOTIVAÇÃO	9
1.2 CONTEXTO	10
1.3 OBJETIVO	12
1.4 VISÃO GERAL DO TRABALHO	12
2 ENSINO INDIVIDUAL, INTERATIVO E COLABORATIVO COM BASE TECNOLÓGICA	13
2.1 APRENDIZADO AUTÔNOMO E PERSONALIZADO	13
2.2 SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO COGNITIVA	15
2.2.1 ARQUITETURA COMPUTACIONAL COGNITIVA	15
2.2.1.1 IBM WATSON	16
2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO EDUCACIONAL	19
2.4 CHATBOTS E A ERA PÓS-APP	20
2.5 AGENTES INTELIGENTES APLICADOS A FINS EDUCACIONAIS	21
2.5.1 MODELO ARQUITETURAL	24
3 MÉTODO	26
3.1 ANÁLISE DE SOLUÇÕES - COMPORTAMENTO E INTERAÇÃO COM OS ALUNOS	27
4 MODELO DE FERRAMENTA BASEADA EM AI CONVERSACIONAL	28
4.1 EVOLUINDO A PARTIR DO CENÁRIO ATUAL	28
4.2 CHATBOT BASEADO EM MODELOS - UMA ADAPTAÇÃO PARA A DISCIPLINA DE EI	29
4.2.1 MODELOS-CHAVES	30
4.2.2 INSERINDO CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COGNITIVOS	32
5 CONCLUSÃO	37
5.1 LIMITAÇÕES	37
5.2 TRABALHOS FUTUROS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as práticas de ensino começaram a mudar o seu foco. Durante um longo período a atenção dentro da sala de aula era exclusiva ao professor e sua atuação. No modo atual, mais centrado no professor, o ensino é considerado como pura transmissão de informação, e o aluno como um receptor passivo de conteúdo[1]. Com a intenção de superar problemas inerentes às formas tradicionais de educação, surgiu o conceito de educação centrada no aluno. Abordagem que se concentra no aluno e em suas necessidades, com ênfase especial nas novas formas de ensino e aprendizagem, e estruturas de apoio e orientação[2]. Essa nova abordagem encoraja a motivação do aluno a partir dos seus próprios interesses, e o professor passa a atuar como um mentor para auxiliá-lo no alcance de seus objetivos.

Este trabalho visa propor um mecanismo capaz de alcançar o objetivo e oferecer aos alunos da disciplina de Empreendimentos em informática do curso de Sistemas de Informação - SI da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, uma abordagem autônoma e personalizada de ensino.

1.1 MOTIVAÇÃO

Um cenário onde os estudantes são responsáveis pelo próprio aprendizado, muitas vezes parece impraticável fora de ambientes virtual. Para fazer isso, cada aluno deveria seguir um ritmo próprio, precisaria ser algo personalizado, com tutores particulares e planos de trabalho para cada aluno [3]. Em 1919 o educador Carleton W. Washburne realizou esse experimento em algumas escolas de Winnetka, um município de Illinois nos Estados Unidos[4]. Esse experimento ficou conhecido como “Plano Winnetka”[5], nele o ensino era personalizado de acordo com o nível de entendimento do aluno. A medida que o aluno dominava o conteúdo, novas atividades específicas eram disponibilizadas para que pudesse aprender de maneira individual. O plano Winnetka obteve ótimos resultados, mas não funcionaria por questões de logísticas. O professor tinha que dar planos de trabalho personalizados, e avaliações sempre que solicitadas[3]. Para o contexto atual da educação onde um professor ministra grande número de alunos por sala de aula e auxiliar cada um em nível individual é algo inviável.

Nos últimos anos, a abordagem cognitiva da Inteligência Artificial, inglês, Artificial Intelligence (AI) ganhou uma consideração renovada, tanto da academia como da indústria, em amplas áreas de pesquisa, como Representação do Conhecimento e Raciocínio, Robótica, Aprendizado de Máquinas e outros campos de pesquisa que aspiram a inteligência de nível humano[6]. AI são sistemas computacionais que foram concebidos para interagir com o mundo através de capacidades (por exemplo, percepção visual e reconhecimento de fala) e comportamentos inteligentes (por exemplo, avaliar informações e alcançar um objetivo designado) considerados essencialmente humanos[7]. No contexto educacional, a AI causou uma ruptura no modelo de tutoria educacional, considerando que a tutoria humana tem sido

usada nas escolas por 2.500 anos, ou ao longo de sua existência. Nos anos 1970 e 1980 um novo tipo de sistema de tutoria começava a surgir. Baseado em conceitos de AI e teoria cognitiva, esses sistemas foram capazes de orientar os alunos a resolução de um problema através de etapas, oferecendo sugestões e comentários, conforme necessário, a partir de uma base de conhecimento especializado[8].

AI aplicada a educação oferece a possibilidade para um modelo de aprendizado mais autônomo e personalizado, podendo oferecer a ambas as partes, professor e aluno, ferramentas capazes de atender suas necessidades, diminuir as lacunas de desempenho, monitorar a maneira como o conteúdo ensinado está sendo aprendido e analisar como o aluno se sente, além de permitir a aprendizagem colaborativa, uma tarefa de extrema dificuldade para um professor realizar sozinho.

1.2 CONTEXTO

Ao alcançar o número de 50 milhões de usuários ativos, a In Loco Media, startup que nasceu nos corredores do centro de informática(CIn) da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, veio ganhando maior destaque em páginas de conteúdo empreendedor. A partir de um projeto prático de faculdade, seis amigos viram a oportunidade de evoluir sua ideia em um projeto viável na disciplina de Projetão (<http://projetaoufpe.wix.com>) do curso de ciência da computação da UFPE, uma disciplina que junta elementos de projeto com elementos de empreendedorismo. Após sete anos, os alunos conseguiram transformar o conceito de computação ubíqua em um negócio de alto impacto e crescimento.

Este é apenas um dos exemplos que evidenciam o papel das universidades na potencialização do ensino de empreendedorismo. No CIn são oferecidos cursos de qualidade voltado ao ensino de empreendedorismo que vão além da motivação e primeiros passos, como a disciplina de empreendimentos em informática(EI) do curso de Sistemas de Informação(SI). Nela os alunos são desafiados a fazer do seu negócio uma ferramenta para construção do futuro ao longo de uma jornada empreendedora. Apesar disto, histórias como tantas outras startups que saíram do CIn e que estão ganhando destaque não são muito frequentes.

Isso ocorre devido, a serem encorajados a desenvolver um modelo de negócio muitos dos alunos sentem grande dificuldade ao começar a empreender. Foram identificados três possíveis cenários de problemas que contribuem para o não sucesso dos alunos durante sua jornada empreendedora na universidade. Foram eles:

Cenário 1: Ao serem encorajados a desenvolver um modelo de negócio muitos dos alunos, em especial os que estão embarcando pela primeira vez, sentem-se perdidos ao começarem a empreender.

Cenário 2: Muitos, mesmo com experiência prévia sentem dificuldades no processo de criação de um negócio sustentável, sendo necessário pivotar várias vezes, o que os desestimulam por não saber como alcançar a proposta de produto viável.

Cenário 3: Em outros casos, há modelos de negócios com boas perspectivas, mas, os integrantes não conseguem progredir e acabam deixando o negócio estagnado.

Para evidenciar a existência dos problemas levantados, foi realizada uma entrevista de validação do problema com dezessete alunos do curso de SI durante a aula da disciplina de EI.

Ao questionar se concordavam com os problemas levantados, 90% concordaram que esses problemas estão presentes não apenas ao longo da disciplina, mas, na jornada de vários alunos que se dispõem a empreender. Após um pouco de debate entre eles, chegaram a conclusão de que não há como classificar esses problemas, pois durante a jornada empreendedora haverá momentos onde cada um desses problemas poderão ocorrer.

Para a resolução atual dos problemas levantados, alunos que possuem pouco conhecimento sobre o mundo dos negócios, 33,3% sentem bastante dificuldade em encontrar conteúdo direcionado, para isso, a grande maioria realizam pesquisas na web em busca de conteúdos que os ajudem a compreender cada passo na construção da concepção de um negócio, mesmo sem muita confiança no conteúdo encontrado. Para o problema apresentado no cenário 2, os alunos ainda não possuem uma solução, mas para eles, pivotar é visto como algo para acrescentar, pois ajuda a conhecer melhor o ambiente em que pretendem dominar. No entanto, quando essa prática se torna constante, muitos se sentem desmotivados e acabam investindo no modelo de negócio só até o fim da disciplina. Já para o cenário 3, enquanto estão na universidade possuem o professor como um mentor, mas em alguns casos precisam pagar por um direcionamento.

Uma possível saída para estes problemas é oferecer ao aluno uma assistência individualizada, onde materiais de apoio são disponíveis de acordo com o seu nível de conhecimento e direcionamento durante as etapas da construção de um modelo de negócio. Atualmente o professor da disciplina de EI exerce o papel de um mentor, direcionando e oferecendo recursos que apoie o aluno durante o aprendizado de empreendedorismo. No entanto esse suporte oferecido pelo professor não consegue oferecer uma tutoria que cubra o número total de alunos da disciplina de maneira individual e, também, seria muito difícil ele estar acessível a todo momento. Isso levanta a seguinte questão: como podemos conceder a todos os alunos da disciplina apoio direcionado de forma que possam aprender de maneira autônoma? Para isso entra em cena os Sistemas de Tutoria Inteligente (ITS). Suas técnicas de uso de AI simulam a tutoria humana um-para-um, proporcionando atividades de aprendizagem mais adequadas às necessidades cognitivas de um aluno e fornecendo feedback direcionado e oportuno, tudo sem um professor individual ter que estar presente[7].

1.3 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é adaptar o modelo tradicional de arquitetura de sistemas de tutoria inteligente de forma que possa ser oferecido aos alunos da disciplina de EI uma abordagem de aprendizado autônomo e personalizado a partir da interação com um chatbot.

1.4 VISÃO GERAL DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho está organizada em 5 capítulos para melhor compreensão dos conteúdos e da trajetória de pesquisa para a elaboração do objetivo. Os capítulos apresentados incluem a introdução e as seguintes seções:

- Seção 2 - Está contido o levantamento bibliográfico dos temas abordados, além da investigação de soluções existentes de ferramentas de tutoria inteligente aplicadas a educação.
- Seção 3 - Contém o método de realização da pesquisa e suas etapas.
- Seção 4 - Apresenta proposta de ferramenta baseada em AI conversacional segundo as perspectivas da disciplina de EI
- Seção 5 - São realizadas as conclusões do trabalho, limitações e direcionamento a trabalhos futuros.

2 ENSINO INDIVIDUAL, INTERATIVO E COLABORATIVO COM BASE TECNOLÓGICA

O objetivo desta seção é apresentar a fundamentação teórica e o estado da arte acerca das tecnologias que apoiam as práticas adaptativas e colaborativas de ensino. Inteligência artificial, computação cognitiva, sistemas de tutoria inteligente e chatbots serão retratados desde sua natureza até sua aplicação no campo da educação.

2.1 APRENDIZADO AUTÔNOMO E PERSONALIZADO

O aprendizado autônomo, também conhecido como aprendizagem centrada no aluno, está relacionado com a mudança de foco na sala de aula do professor para o aluno ou do ensino para o aprendizado[9]. Ela visa superar problemas inerentes ao ensino tradicional, concentrando-se no aluno e em suas necessidades, além de buscar por novas estruturas eficazes para o apoio e orientação dentro e fora do ambiente de aprendizado.

Para alguns autores a prática atual de aprendizagem centrada no aluno é um dos melhores métodos para inspirar o aluno com objetivos de aprendizagem pretendidos. Mas esse método parece exigir algumas reformas no sistema de monitoramento e avaliação para se concentrar mais na criação de desenvolvimento de habilidades pessoais[10]. Para conceber um conteúdo de aprendizagem adaptável, é necessário entender as necessidades dos alunos[11]. Estudos anteriores revelaram que a generalização não favorece a otimização do ensino. No processo de aprendizagem, cada aluno possui diferentes conhecimentos prévios[12]. As diferenças de capacidade inicial entre os alunos colocam a necessidade de um sistema de aprendizagem personalizada[11].

Dependendo do contexto, as interpretações e aplicações da aprendizagem personalizada podem ser amplamente diferenciadas[13]. Buscando ser específico e relevante para o contexto tecnológico. Apresentamos a seguir categorias indicadas [14] por Martinez de personalização de aprendizagem para definir níveis mais específicos para a dimensão técnica. As categorias foram descritas em cinco níveis. São eles:

- Auto-reconhecimento;
- Auto-descrição;
- Segmento;
- Baseado em cognição;
- Baseado em pessoas.

Auto-reconhecimento personalizada: É simples e fácil de implementar. Esta estratégia é útil e poderosa porque a maioria das pessoas valoriza ser reconhecido como um indivíduo. Por exemplo, o nome do aprendiz pode aparecer na instrução ou atividades ou realizações anteriores que foram coletadas e armazenadas podem ser apresentadas quando apropriado.

Auto-descrição personalizada: Permite aos alunos, (Usando questionários, pesquisas, formulários de registro e comentários) para descrever preferências e atributos comuns. Por exemplo, os alunos podem fazer um teste de pré-curso para identificar habilidades, preferências ou experiências passadas existentes. Posteriormente, as opções e as experiências de instrução aparecem com base nas respostas fornecidas pelo aluno.

Personalização segmentada: Esta personalização usa dados demográficos, atributos comuns ou pesquisas para agrupar ou segmentar as populações de aprendizagem em grupos menores, identificáveis e gerenciáveis. Por exemplo, os alunos que compartilham um título comum de trabalho, classe ou trabalho em um determinado departamento receberiam conteúdo com base em regras prescritivas que suportam os requisitos de aprendizado e desempenho para seu grupo segmentado.

Personalização baseada em Cognição: A personalização baseada em cognição usa informações sobre processos cognitivos, estratégias e capacidade de fornecer conteúdo especificamente direcionado a tipos específicos (definidos cognitivamente) dos alunos. Por exemplo, os alunos podem optar por usar uma opção de áudio porque preferem ouvir o texto em vez de lê-lo. Ou, um aprendiz pode preferir a apresentação de conteúdo de forma linear, em vez de uma apresentação não-sequenciada com hiperlinks. Esse tipo de personalização opera em algoritmos mais complexos do que os tipos anteriores e é capaz de avaliar mais atributos do aluno em cada interação. Esta estratégia funciona através da coleta de dados, acompanhamento da atividade de aprendizagem, comparação de atividade com o comportamento de outro aluno e previsão do que o usuário gostaria de fazer ou ver a seguir.

Personalização de pessoas como um todo: Esta estratégia apoia o conjunto complexo de fontes psicológicas profundas (além das prescrições convencionais baseadas em cognição) que afetam diferenças na aprendizagem e no desempenho. Esta estratégia de personalização faz previsões sobre a entrega de conteúdo a partir de uma perspectiva da pessoa. Ele não só oferece conteúdo para ajudar os alunos a alcançar objetivos de aprendizagem, mas também tenta melhorar a capacidade geral de aprendizagem e melhorar as relações de aprendizagem em meios digitais. À medida que o indivíduo aprende, o sistema também aprende enquanto coleta dados, acompanha o progresso e compara respostas e padrões comuns para melhorar as respostas (ou seja, torna-se mais preciso ao longo do tempo). Na sua forma mais sofisticada, a personalização de pessoa de forma completa requer personalização em tempo real usando tecnologia inferencial para modificar as respostas a um aluno com base em um modelo de aprendizado dinâmico que está mudando ao longo da experiência de aprendizagem, quando ocorre, assim como ocorre.

O aprendizado autônomo e personalizado ajuda a olhar para a educação com uma nova perspectiva e mentalidade. As cinco categorias apresentadas ajudam a combinar pontos relevantes para que uma ferramenta possa oferecer um espaço onde os interesses e necessidades do aluno sejam atendidas, dando maior assistência em sua aprendizagem de maneira que possa progredir de acordo com suas habilidades.

2.2 SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO COGNITIVA

A computação cognitiva emprega as teorias, métodos e ferramentas da disciplina de computação para modelar tarefas cognitivas. Ele vê a mente como um processador de informações altamente paralelo, usa vários modelos para representar informações e emprega algoritmos para transformar e raciocinar com a informação[15]. É um campo emergente mais novo. Trata-se de tornar os computadores mais fáceis de usar, com uma interface que entende mais do que o usuário deseja[16]. Agentes de conversação, como Siri da Apple, Google now e Windows cortana, por exemplo, podem responder a perguntas, e também entende contexto. Muitas decisões que geralmente foram feitas por seres humanos agora podem ser feitas por meio de sistemas de computação cognitiva.

Um sistema cognitivo possui três princípios fundamentais, são eles introspecção contextual do modelo, geração de hipóteses (uma explicação proposta de um fenômeno) e aprendizagem contínua de dados ao longo do tempo[17]. Neste princípio de aprendizado, o sistema cognitivo alavanca os dados para fazer inferência sobre um domínio, um tópico, uma pessoa ou um problema baseado em treinamento e observações de todas as variedades, volumes e velocidade dos dados[17]. No Modelo, para aprender, o sistema precisa criar um modelo ou representação de um domínio (que inclui dados internos e potencialmente externos) e pressupostos que determinam quais algoritmos de aprendizado são usados. Compreender o contexto de como os dados se encaixam no modelo é fundamental para um sistema cognitivo[17]. Na geração de hipóteses, o sistema cognitivo responde em cima de seus próprios dados, assumindo que não existe uma única resposta correta. Ele é probabilístico. Uma hipótese é um suposto candidato para alguns dos dados já compreendidos. Sistemas cognitivos também usam os dados para treinar, testar ou marcar hipóteses[17].

As tecnologias que permitem sistemas de computação cognitiva incluem Inteligência Artificial - AI, aprendizado de máquinas, visão por computador, robótica, reconhecimento e compreensão de linguagem escrita e falada, recuperação de informações, dados importantes, Internet de Coisas (IoT)[15].

2.2.1 ARQUITETURA COMPUTACIONAL COGNITIVA

Uma arquitetura cognitiva é um modelo para o desenvolvimento de sistemas cognitivos. Ela especifica estruturas fixas e interações entre eles com o objetivo de alcançar as funções da mente.

Existem três principais classes de arquiteturas cognitivas, são elas: cognitivistas, conexionistas e as híbridas. Um sistema cognitivo é criado a partir de um modelo cognitivo usando uma arquitetura computacional cognitiva.

- **Arquiteturas cognitivistas** - Também conhecida como arquitetura simbólica e abordagem de inteligência artificial, as arquiteturas cognitivistas representam informações a partir de representações simbólicas explícitas. Essas representações usam uma ontologia absoluta para simbolizar objetos externos[15]. Essa arquitetura é bem sucedida em sistemas cognitivos onde o foco está na resolução de problemas específicos. No entanto, elas não têm generalidade para serem úteis em todos os domínios[15].

No contexto da ciência da computação e da informação, ontologia define um conjunto de representações primitivas que modelam um domínio de conhecimento ou discurso[19].

- **Arquiteturas conexionistas** - conexionistas ou emergentes, elas são inspiradas no processamento da informação que ocorre nos sistemas neurais biológicos[15]. Um exemplo de sistema cognitivo baseado nesta arquitetura é o Deep Learning (aprendizagem profunda), ramo da aprendizagem de máquina. Essas redes empregam múltiplas camadas de unidades de processamento neural. O núcleo de quase todos os algoritmos de aprendizagem profunda é a pós-propagação, que é usada para treinar o trabalho[15].
- **Arquiteturas híbridas** - esta arquitetura engloba as duas últimas arquiteturas apresentadas acima. Ela também inclui abordagens inspiradas no neocórtex, uma matéria cinzenta que envolve a substância branca mais profunda do cérebro. Uma parte do córtex cerebral está envolvido em funções, como percepção sensorial, geração de comandos motores, raciocínio espacial, pensamento consciente e em seres humanos, a linguagem. Esta abordagem sugere que os sistemas de computação cognitiva sejam construídos integrando os sentidos sensores-motores[15]. Esta arquitetura é adequado para o desenvolvimento de sistemas cognitivos inspirados no neocórtex que não estão ligados a domínios específicos. Um exemplo de sistema cognitivo construído segundo essa estrutura é o Watson da IBM.

2.2.1.1 IBM WATSON

O IBM Watson é talvez o sistema cognitivo mais conhecido em termos de seu amplo impacto na sociedade de maneira geral. É também o primeiro sistema de computação cognitiva que alavancou a sinergia entre a ciência cognitiva e uma série de tecnologias de computação[15]. Os recursos de computação cognitiva do Watson estão disponíveis para organizações e empresas através das API oferecidas no catálogo de serviços do BlueMix, modelo de nuvem de plataforma como serviço. Existem mais de duas dúzias de APIs watson que encapsulam mais de 50 tecnologias cognitivas. A IBM também comercializa tecnologias Watson sob temas como análise cognitiva, empresas cognitivas, casas cognitivas e carros cognitivos, subjacentes a esses temas é uma infraestrutura de computação cognitiva transparente que fornece serviços para a construção de agentes cognitivos[15].

Segundo Rob High, vice-presidente e diretor de tecnologia da IBM Watson Solutions, Software Group, o Watson baseia-se na era atual da computação programática, mas difere de maneiras significativas. A combinação das seguintes capacidades torna o Watson único:

- Processamento de linguagem natural, ajudando a compreender a complexidade dos dados não estruturados, o que representa até 80% dos dados no mundo atual;
- Geração e avaliação de hipóteses, aplicando análises avançadas para pesar e avaliar um painel de respostas com base apenas em evidências relevantes;
- e aprendizagem dinâmica, ajudando a melhorar a aprendizagem com base em resultados para obter respostas mais inteligentes com cada iteração.

Os sistemas cognitivos, como o IBM Watson, podem transformar a forma como as organizações pensam, atuam e operam no futuro. O Watson combina processamento de linguagem natural, aprendizado dinâmico e geração e avaliação de hipóteses para dar respostas diretas e baseadas em confiança. Ele pode entender diferentes formas de dados, interagir naturalmente com as pessoas, aprender e argumentar, em escala.

Com o Watson, é possível analisar e interpretar dados, incluindo textos não estruturados, imagens, áudio e vídeo. Essa análise pode ser realizada com o apoio das APIs:

- *Visual Recognition* - Este serviço usa algoritmos de aprendizagem profunda para analisar imagens para cenas, objetos, rostos e outros conteúdos. Com ele é possível treinar classificadores e criar coleções personalizadas de imagens e em seguida criar aulas especializadas e pesquisar coleções de imagens semelhantes[21].
- *Language Translator* - O serviço de language translation possibilita a criação de aplicativos que identificam o idioma do texto de entrada e usa um modelo linguístico específico do domínio para traduzir o texto para um outro idioma. Com este serviço o modelo linguístico pode ser personalizado para atender a necessidade do cliente de forma otimizada[21].
- *Natural Language Understanding (NLU)* - Este serviço oferece uma poderosa análise recursos semânticos de entrada de texto, incluindo categorias, conceitos, emoções, entidades, palavras-chave, metadados, relações, papéis semânticos e sentimentos. O conteúdo de entrada é analisado usando uma hierarquia de classificação de até cinco níveis que podem ser personalizado ou a partir de uma tabela de hierarquias pré-estabelecidas pelo serviço. Exemplo de níveis de categorias:
 - Entidade: Animal
 - Nível 1: Animal de estimação
 - Nível 2: Cachorro
 - Nível 3: Pequeno

Conteúdo personalizadas pode ser oferecido ao o usuário durante a interação com um sistema cognitivo por meio da compreensão da personalidade, o tom e a emoção de um usuário.

- *Tone Analyzer* - Análise linguística para detecção de tons emotivos, sociais e linguísticos em textos são oferecidos por esse serviço. Pode analisar tons nos níveis de documentos e frases. Ele percebe como a comunicação escrita está sendo recebidas, para que possa ser melhorada, como também pode oferecer conteúdo de resposta adaptativo as emoções do usuário[21].
- *Personality Insights* - Por meio de Interface de Programação de Aplicação (API), esse serviço permite que os aplicativos obtenham informações de mídia social, dados empresariais ou outras comunicações digitais. Ele usa análises linguísticas para inferir características de personalidade intrínseca dos indivíduos, incluindo Big Five(cinco fatores da personalidade descritos em investigação linguística[22]), e Valores de comunicações digitais, como email, mensagens de texto, tweets e posts do fórum.

Com o Watson, usuários podem experimentar uma interação dinâmica com bots de bate-papo que podem variar desde simples conversas de texto ou de voz bidirecionais, como uma resposta a “Onde fica a máquina de lanches do CIn?” para interações mais complexas, com serviços como:

- *Conversation* - Serviço que permite a criação de um aplicativo que entenda a entrada de linguagem natural e use o aprendizado de máquina para responder aos clientes de forma a simular uma conversa entre seres humanos[21].
- *Speech to Text* - Fornece uma Interface de Programação de Aplicativos (API) que permite adicionar recursos de transcrição de voz. Para transcrever a voz humana com precisão, o serviço utiliza a inteligência da máquina para combinar informações sobre gramática e estrutura de idiomas com conhecimento da composição do sinal de áudio. O serviço retorna continuamente e atualiza retroativamente a transcrição à medida que mais fala é ouvida[21].
- *Text to Speech* - O serviço fornece uma interface de programação de aplicativos (API) que usa os recursos de síntese de fala da IBM para converter texto escrito em discurso natural[21].
- *Natural Language Classifier (NLC)* - Esse serviço ajuda a entender a linguagem de textos curtos e fazer previsões sobre como lidar com eles. Um classificador aprende com dados de exemplo e, em seguida, pode retornar informações para textos em que não está treinado. Também pode ser usado para tomar ações preditivas, como rotear determinadas questões para a pessoa certa ou classificar os problemas por gravidade.
- *Document Conversion* - Converte documentos HTML, PDF ou Microsoft Word em um único documento. O documento de entrada é transformado em HTML normalizado, texto simples ou um conjunto de unidades de resposta formatadas.

Com o uso de técnicas de aprendizagem de máquinas para aumentar a experiência dos aplicativos e sistemas tornando-os mais inteligente a cada iteração[21].

- *Discovery* - Este serviço possibilita a criação rápida de aplicações de exploração cognitivas, baseadas na nuvem, que desbloqueiam informações passíveis de ação escondidas em dados não estruturados, incluindo seus próprios dados proprietários, bem como dados públicos e de terceiros[21].
- *Retrieve and Rank* - A partir de interface de programação de aplicativos(API), combina dois componentes de recuperação de informações em um único serviço: o poder do Apache Solr e uma capacidade de aprendizado de máquina sofisticada. Esta combinação fornece aos usuários resultados mais relevantes, reestruturando-os automaticamente usando esses algoritmos de aprendizado de máquina[21].
 - Solr é um projeto Open Source de um servidor de buscas de alta performance do projeto Apache Lucene. É desenvolvido em Java e utiliza o Lucene Core como base para indexação e busca, além de fornecer APIs baseadas em REST o que lhe permite ser integrado a praticamente qualquer linguagem de programação[23].

2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO EDUCACIONAL

O campo da inteligência artificial na educação (AIED) existe há cerca de 40 anos e operou sob vários outros nomes, sendo o mais comum os sistemas de tutoria inteligentes (ITS)[26]. Os ITS foram criados na intenção de auxiliar os alunos a dominar novas habilidades ou a compreender novos conceitos de formas que imitam as ações de um tutor humano habilidoso trabalhando com o aluno de maneira individual. Ou seja, esses sistemas tentam adaptar a maneira como eles ensinam o conhecimento, a habilidade e as formas preferenciais de aprendizado do aluno, e considerar a trajetória afetiva dos alunos enquanto lidam com os contratempos esperados e impasses de dominar novos conteúdos[26].

Os Tutores Cognitivos cumprem duas das principais tarefas características da tutoria humana: (1) monitorar o desempenho do aluno e fornecer instrução específica quando solicitado pelo aluno e (2) monitorar a aprendizagem do aluno e selecionar atividades de resolução de problemas[27]. Eles também fornecem uma avaliação baseada em conversações de forma que abrange situações relevantes para obter uma avaliação adequada das características psicológicas do aluno. Os tutores de conversação são entidades geradas por computador que interagem com um ou mais alunos por meio de uma aplicação com bate-papo representados por agentes pedagógicos ilustrativos, como cabeças falantes ou avatares animados.

Os ITS possibilitam a criação de tutoria adaptativa capaz de oferecer ao aluno ferramentas que modelam os estados cognitivos e afetivos dos alunos[28]; usam diálogo para envolver o aluno em experiências de aprendizagem socráticas, que envolvem investigação e discussão, questionamento e resposta, avaliando assim as habilidades de imersão dos alunos e

tornando os tutores mais inteligentes socialmente [29][30]; além de incluir modelos de aprendizagem abertos para motivar alunos por meio de reflexão e Autoconsciência[31].

Existem várias abordagens para o uso dos ITS, uma delas é o uso de agentes virtuais, mais conhecidos como chatbots. Os chatbots podem medir a interação do aluno ou simplesmente contribuir para os diálogos[7], agindo como:

- Um auxiliar especializado do professor (um treinador ou um tutor) - agente baseado em modelos;
- Um par virtual (um aluno artificial a um nível cognitivo semelhante aos demais alunos da turma, mas alguém capaz de introduzir novas idéias)[7] - agente baseado em modelos;
- Alguém que os próprios participantes possam ensinar - por exemplo, o aluno artificial pode conter equívocos deliberados ou fornecer pontos de vista alternativos para estimular o argumento produtivo ou a reflexão [25] - agente de aprendizagem.

2.4 CHATBOTS E A ERA PÓS-APP

Chatbots ou agentes conversacionais, são "sistema de conversação de máquina(s) que interagem com usuários humanos através de linguagem conversacional natural"[32]. Suas aplicações variam de tutoria, comércio eletrônico, recuperação de informações, como ferramentas de help desk, suporte ao cliente, sistemas de atendimento automático e assistentes digitais. Existem basicamente dois tipos de chatbots, são eles:

- Baseado em regras: Está é uma estratégia de interação simples que pode ser chamada de "resposta correspondente" que evita a análise profunda e processamento de linguagem natural. Essa abordagem simplesmente procura palavras-chave ou frases a partir da entrada do usuário e, então, ativa o programa para responder com um conjunto de respostas predeterminadas.
- Baseado em AI: Capazes que realizar análise complexa de sentença de entrada do usuário, onde determina a estrutura gramatical e a partir disso busca a melhor maneira de responder a sentença[33]. Além disso, eles aprende com o tempo e com outros serviços (dados). Quanto mais as pessoas usam, mais inteligente o chatbot fica.

Para o vice-presidente e chefe de pesquisa da Gartner, Daryl Plummer, até 2020, pessoas comuns terão mais conversas com bots do que com o seu cônjuge. Com o aumento da Inteligência Artificial (AI) e das interfaces de usuários conversacionais, somos cada vez mais propensos a interagir com um bot (e não o saber) do que nunca. Assim como, “Em 2020, as pessoas não irão usar apps em seus smartphones. Na realidade, os apps continuarão existindo, mas não serão percebidos pelo público. As pessoas vão contar com os assistentes virtuais para tudo. A era pós-app está chegando” - Peter Sondergaard, VP sênior de pesquisa da Gartner.

Chatbots auxiliados por poderosos processadores de linguagem natural, começam a produzir um impacto em várias indústrias, incluindo a educação. Nela, os Chatbots são programados para perguntar e responder perguntas sobre tópicos específicos, acompanhar o aprendizado e avaliar o aluno por meio de conversação. Assim como os demais tipos de tutores, às vezes são representados por personagens com comportamentos encarnados como a vida, como gestos e olhares/movimentos dos olhos.

2.5 AGENTES INTELIGENTES APLICADOS A FINS EDUCACIONAIS

Nesta subseção foi realizado uma investigação de solução, com a intenção de explorar as estruturas e comportamentos de diferentes tipos de tutores e agentes inteligentes aplicados à educação.

AutoTutor

O AutoTutor é um ITS que mantém conversas com alunos em linguagem natural. O AutoTutor produziu ganhos de aprendizagem em vários domínios (por exemplo, alfabetização em informática, física, pensamento crítico). Três principais áreas de pesquisa são centrais para o AutoTutor: estratégias de tutoria de inspiração humana, agentes pedagógicos e tecnologia que suportam aulas de linguagem natural. Ele tem sido bem sucedido ao ajudar estudantes universitários e outros adultos a aprender uma série de questões difíceis que são complexas e requerem raciocínio[25].

Construído a partir de uma arquitetura híbrida, o AutoTutor responde de forma adaptativa às ações dos usuários, com base em contribuições verbais, emoções e histórico de conversas anteriores[25]. A capacidade do AutoTutor de simular muitas das estratégias de tutoria humana permitiu que tais comparações fossem feitas.

A estrutura conversacional do AutoTutor baseia-se em análises de sessões de tutoria de humano para humano, além de estratégias pedagógicas adicionais que promovam a aprendizagem ativa do aluno[25].

O processo de interação com o usuário é dividido em ciclo externo e interno. O ciclo externo de tutoria consiste na seleção das principais tarefas que o tutor e o aluno trabalham durante a interação do tutorial. Essas tarefas são problemas para resolver ou perguntas para responder que exigem pensamento e raciocínio, elas são intercaladas com a instrução didática

do tutor[25]. Já o ciclo interno de tutoria consiste nas etapas e interações de diálogo que gerenciam a tutoria dentro dessas tarefas principais. Neste processo tutor orienta a maior parte da agenda dentro da tarefa, mas os alunos freqüentemente fornecem respostas incompletas e ocasionalmente fazem perguntas. Ou seja, a interação típica de tutoria dentro do loop interno é centrada no tutor mais do que o estudante centrado.

A avaliação do aluno é feita a partir dessas interações, durante o diálogo é possível avaliar o quanto o aluno contribui para completar a tarefa e toma a iniciativa, fornecendo respostas relevantes e fazendo perguntas.

Para orientação durante o ciclo interno de tutoria, o AutoTutor segue uma quadro de cinco etapas de tutoria:

1. TUTOR faz uma pergunta difícil ou apresenta um problema.
2. O ESTUDANTE dá uma resposta inicial.
3. O TUTOR dá um breve comentário sobre a qualidade da resposta.
4. TUTOR e ESTUDANTE têm um diálogo multi-turno para melhorar a resposta.
5. TUTOR avalia se o aluno entende a resposta correta

O conhecimento dos alunos sobre a resposta é avaliado nos passos 2 e 4 do quadro de tutoria em 5 etapas. O comportamento de tutoria humana do ITS é acionado após a resposta dos alunos na 2ª etapa. Em geral, as respostas iniciais das pessoas são curtas, cerca de duas frases ou menos, quando uma resposta ideal deveria possuir 5 à 7 frases[25].

O Passo 4 envolve o diálogo colaborativo e ação conjunta por meio de trilogos. São utilizados dois agentes que podem ser projetados de maneiras diferentes de forma a colaborar na construção de novos conhecimentos para o aluno e avaliar o desempenho do mesmo. Nesta etapa os tutores podem ser moldados diferentes formas, tais como:

1. Dois agentes se comunicam entre si e exibem interação social, respostas a perguntas, resolução de problemas ou raciocínio. Os agentes podem ou não perguntar periodicamente ao humano uma pergunta simples (convidando uma resposta de sim / não ou de uma única) que pode ser facilmente avaliada automaticamente[25].
2. Interação com dois agentes que variam em proficiência. Os agentes podem variar em conhecimentos que variam de um tutor especializado para um agente intermediário que cometem erros e tem baixo conhecimento e habilidades. Em contextos de avaliação, o computador pode rastrear se o ser humano responde aos agentes, responde corretamente às perguntas dos agentes, corrige uma contribuição incorreta de um agente e toma iniciativa para guiar a troca[25].
3. Agente experiente que desencadeia uma competição entre o agente humano e um agente intermediário. Este é um jogo competitivo (com pontos de pontuação) entre o agente humano e par, com a competição guiada pelo agente especialista[25].
4. O humano interage com dois agentes que expressam informações falsas, contradições, argumentos ou diferentes pontos de vista. As discrepâncias entre os agentes estimulam o desequilíbrio cognitivo, a confusão e a aprendizagem mais profunda para estudantes universitários que tentam dominar o raciocínio científico[25].

Para avaliar conhecimento ou habilidade dos estudantes, o tutor categoriza as ações verbais do aluno, tais como perguntas, respostas curtas (por exemplo, sim, ok), declarações (afirmações que ajudam a responder a pergunta da tarefa), expressões metacognitivas (estou perdido, agora entendi) , Expressões meta-comunicativas (o que você disse?) E avaliações expressivas (isso é frustrante, odeio esse material), e durante o diálogo eles são avaliados a partir do domínio do assunto.

O AutoTutor também possui uma lista de expectativas (respostas boas antecipadas, etapas em um procedimento) e uma lista de equívocos antecipados (crenças, erros e bugs incorretos) associados a cada tarefa. Isso faz com que ele antecipe o feedback para o aluno durante a construção do diálogo. Em alguns Sistemas de tutoria mais sofisticados que possuem mecanismos capazes de tentar fazer com que o aluno descubra seus próprios equívocos, o AutoTutor não dispõe deste mecanismo.

Com modelo similar ao AutoTutor existem outros ITS tais como:

DeepTutor

O DeepTutor é um sistema de tutoria inteligente conversacional capaz de fornecer instrução personalizada a alunos de maneira individual. Foi desenvolvido como um aplicativo web acessível através de um navegador a partir de qualquer dispositivo conectado à Internet. A particularidade do DeepTutor está no uso de abordagens de Learning Progressions (LP) ou “aprendizagem progressiva”, onde o conteúdo é organizado por áreas específicas e o conhecimento e habilidades específicas que os alunos devem aprender são mapeadas enquanto eles vão progredindo, isto é, capturam a seqüência natural de modelos mentais e mudanças nos modelos mentais que os alunos passam enquanto dominam um tópico.

Os LPs são componentes críticos no gerenciamento de tarefas básicas no DeepTutor: modelagem do domínio da tarefa, acompanhamento dos estados de conhecimento dos alunos e mecanismo de feedback. Os avanços nessas tarefas básicas de tutoria permitem um ITS altamente adaptável. DeepTutor é um agente de conversação que imita a conversa em linguagem natural entre um tutor humano e estudante. Os alunos aprendem trabalhando com o sistema em problemas que oferecem aos alunos a oportunidade de solucionar e dar ao sistema a oportunidade de corrigir equívocos através de feedback adequado[33].

The iTalk2Learn platform

iTalk2Learn é uma plataforma de aprendizagem para crianças com idade entre 8 à 12 anos que estão aprendendo frações. Inclui um ambiente exploratório chamado Fractions Lab. A plataforma está sendo projetada para detectar a fala das crianças em tempo real, que, juntamente com suas interações, são analisadas para fornecer suporte adaptativo[7].

Ele possui as camadas de raciocínio, camada de geração de feedback, detecção de evidências. A camada de evidências estão as interações do aluno com a plataforma identificadas. nela também há um detector emocional, onde o estado afetivo do aluno é detectado através de seu discurso e sua interação com o ambiente de aprendizagem.

Com base no componente de detecção de evidências, a camada de raciocínio decide se e quais comentários devem ser fornecidos. Esta camada inclui um modelo de estudante e o motivador de estado afetivo. O modelo de estudante inclui o estado afetivo do aluno, bem como informações sobre ações que o aluno realizou, como se seguiram o conselho fornecido pelo feedback. A camada de raciocínio de estado afetivo usa a informação do modelo estudantil para decidir qual tipo de feedback deve ser fornecido conforme descrito abaixo[28].

A camada de geração de feedback recebe o resultado da camada de raciocínio e, com informações adicionais do modelo de estudante, decide como o feedback deve ser apresentado; Por exemplo, feedback de alta ou baixa interrupção.

Este ITS é realizar um raciocínio de estado afetivo, que é capaz de adaptar diferentes tipos de feedback de acordo com o estado afetivo do aluno, a fim de melhorar seu estado afetivo[28].

Duolingo Bot

O Duolingo bot é um IPA - Assistente pessoal inteligente, um agente virtual pessoal que executa tarefas básicas a partir de comandos dos usuários, incluindo mensagens de texto, de voz, entre outros. Essa tecnologia é habilitada para interação a partir de plataformas móveis, que se tornaram um dos dispositivos fundamentais para aprendizado online[34]. O Duolingo oferece interação com três agentes virtuais, um taxista, policial e chef de cozinha, possibilitando ao usuário um contexto similar ao cotidiano. Os agentes possuem técnicas de AI que possibilita o constante aprendizado a cada interação com o usuário.

2.5.1 MODELO ARQUITETURAL

A AI envolve softwares programados para interagir com o mundo de formas que normalmente requerem inteligência humana. Isso significa que a AI depende tanto do conhecimento sobre o mundo como de algoritmos para processar esse conhecimento[7]

Este conhecimento sobre o mundo é representado em forma de "modelos". De maneira geral, existem três modelos-chave aplicado na AIED, são eles, o modelo pedagógico, o modelo de domínio e o modelo do aluno.

Os modelos de aprendizado são maneiras de representar as interações que acontecem entre o computador e o aluno. As interações representadas no modelo (tais como as atividades atuais do aluno, as realizações anteriores, o estado emocional e se acompanharam o feedback) podem ser usadas pelos componentes de domínio e pedagogia de ITS para inferir o sucesso do aluno. Os modelos de domínio e pedagogia também utilizam esta informação para determinar a próxima interação mais adequada (materiais de aprendizagem ou actividades de aprendizagem)[7].

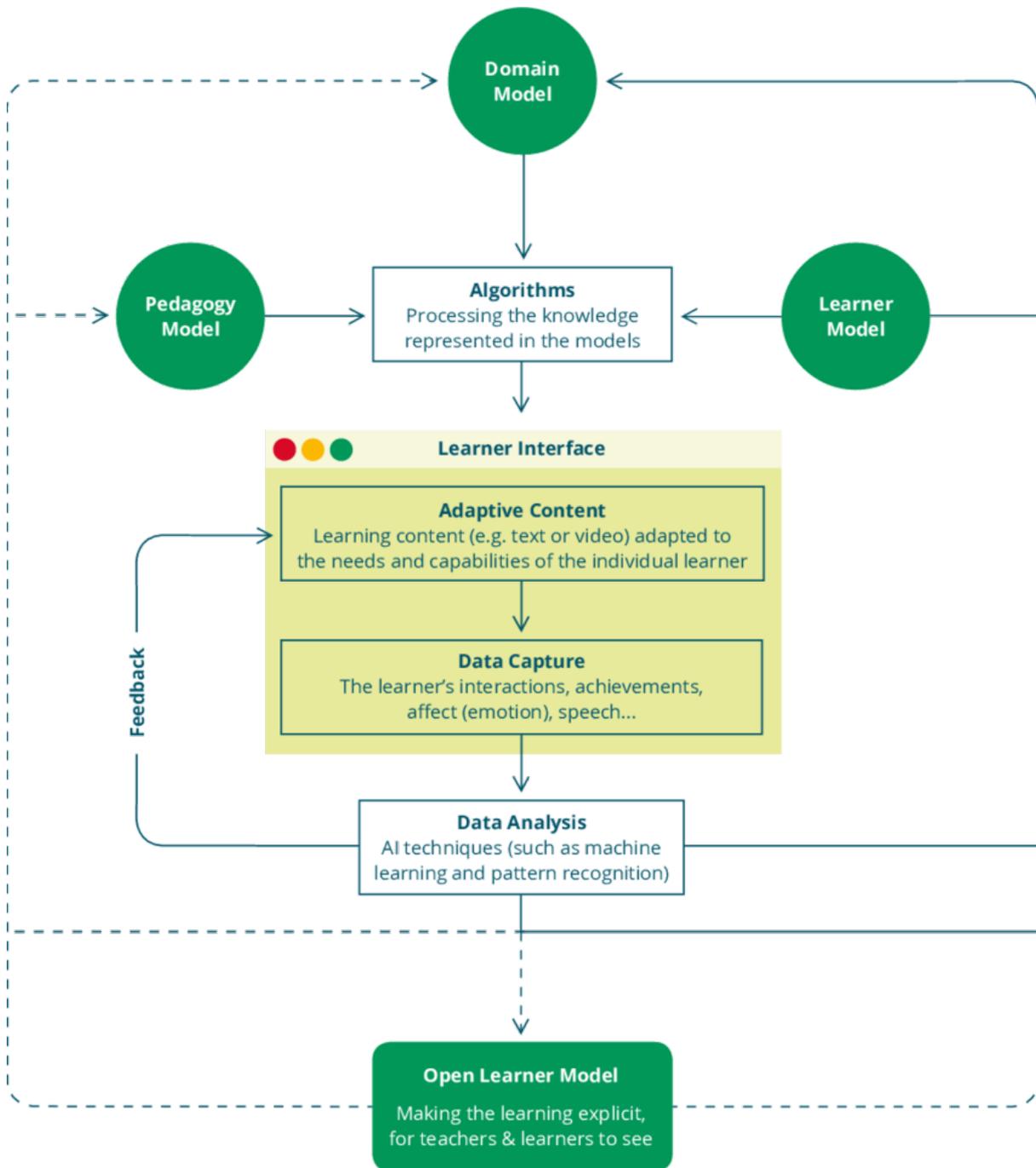


Figura 1 Arquitetura simplificada de tutor adaptativo baseado em modelo[7].

A figura 1 baseia-se nos três modelos fundamentais descritos acima: o modelo do aluno (conhecimento do aluno individual), o modelo de pedagogia (conhecimento do ensino) e o modelo de domínio (conhecimento do conteúdo a ser aprendido). Os algoritmos processam esse conhecimento para selecionar o conteúdo mais apropriado a ser entregue ao aluno, de acordo com suas capacidades e necessidades individuais.

Enquanto o conteúdo (que pode assumir a forma de texto, som, atividade, vídeo ou animação) está sendo entregue ao aluno, análise contínua das interações do aluno (por exemplo, suas atuais ações e respostas, suas realizações passadas e seu estado afetivo atual)

informa a entrega de feedback (por exemplo, dicas e orientação), para ajudá-los a progredir durante a tutoria[7].

A análise profunda das interações do aluno também é usada para atualizar o modelo do aluno; As estimativas mais precisas do estado atual do aluno (sua compreensão e motivação, por exemplo) garantem que a experiência de aprendizagem de cada aluno seja adaptada às suas capacidades e necessidades, apoiando de maneira eficaz a sua aprendizagem.

3 MÉTODO

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu em diferentes etapas. No início havia um conhecimento prévio sobre chatbots e suas abordagens. Na educação, o uso de chatbot invocou maior atenção a partir de 2016 com a revelação da assistente virtual inteligente “Jill Watson”. Partindo dessas informações foram realizadas pesquisas na web explorando os diferentes serviços cognitivos oferecidos pelo IBM Watson. Após a sondagem dos atuais serviços cognitivos disponíveis, chegamos aos seguintes questionamentos: Como sistemas cognitivos se conectam com um sistema educacional? e Como um sistema cognitivo voltado a educação é estruturado?

Para a responder as questões levantadas foi realizado um levantamento bibliográfico ad hoc em cima dos termos: Ensino personalizado, Sistemas cognitivos, Sistema de tutoria inteligente, e chatbot. O quadro 1 relaciona cada tópico com palavras-chaves em inglês

Quadro 1. Tópicos e palavras-chave usados na revisão de literatura

Tópico	Palavra-chave
Aprendizagem personalizada	<i>personalized learning</i>
Aprendizagem autônoma	<i>autonomous learning</i> <i>student-centred learning</i>
Inteligência artificial	<i>artificial intelligence</i>
Agentes de conversação	Conversational agents
Sistemas de tutoria inteligente	<i>intelligent tutoring systems</i>
Computação cognitiva	<i>cognitive computing</i>
Chatbots	<i>chatbots</i>

Fonte: O autor^a

Para o levantamento bibliográfico, todas as palavras chaves foram pesquisadas de forma isolada. Para as palavras Inteligência artificial e chatbots trouxeram uma quantidade muito grande de opções. Desta maneira foi realizado uma restrição adicionando um contexto de aplicação “*artificial intelligence in education*” e “*chatbots in education*” retornando um número consideravelmente menor de opção de busca. As respostas para os questionamentos levantados durante a pesquisa podem ser encontradas nas seções do levantamento bibliográfico.

3.1 ANÁLISE DE SOLUÇÕES - COMPORTAMENTO E INTERAÇÃO COM OS ALUNOS

Durante a investigação de soluções inteligentes aplicadas à educação foram selecionadas quatro ferramentas de tutoria para análise, sendo elas: AutoTutor, DeepTutor e The iTalk2Learn platform, além de analisar a plataforma de assistente virtual inteligente, Duolingo. Cada ferramenta foi encarada como um sujeito individual para maior compreensão e coleta de pontos relevantes para adoção no modelo adaptado proposto neste trabalho.

Neste conjunto de ferramentas, todas seguem o modelo tradicional de arquitetura de sistemas de tutoria inteligente aplicado à educação, isto é, o uso de modelos-chaves que representam o conhecimento de cada unidade do sistema de ensino, gestão de ensino(modelo didático-pedagógico), aluno (modelo do aluno) e professor(modelo domínio/conteúdo a ser aprendido).

- Modelo de domínio: As quatro ferramentas possuem modelo de domínio especialista baseado em uma área de ensino, podendo ser aplicado em outros contextos.
- Modelo didático: Tutores inteligentes seguem ciclos de tutoria, fazendo com que a interação seja amarrada no histórico de conversa durante o ciclo. Possuem um lista de expectativas(respostas boas antecipadas, etapas em um procedimento) e lista de equívocos antecipados (crenças, erros e bugs incorretos) associados a cada tarefa.
- Modelo do aluno: Realizam o acompanhamento dos estados de conhecimento dos alunos a partir da interação. Para que através desse conhecimento possa oferecer conteúdo adaptado para cada aluno. Além disso as ferramentas também tornam-se mais inteligente a cada interação com o aluno.

Durante a análise das soluções existentes foram observados alguns pontos classificados como negativos, levando em conta o cenário atual da tecnologia e sua grande influência no cotidiano das pessoas. São pontos negativos:

- Poucos são suportados por tecnologia móvel. Grande parte dos sistemas de tutoria inteligente são projetados para serem usados a partir de um laptop ou computador de mesa.

- Requer um grande esforço de consumo. Geralmente utilizam de recursos gráficos 2D ou 3D para oferecer uma troca de experiência mais real ou com avatas gráfico que se movem durante as conversas enquanto interagem.
- Todos as ferramentas analisadas utilizam sua própria aplicação. Isso faz com que o usuário precise passar por um processo de familiarização com a nova interface, ainda somando mais uma ferramenta para ele utilizar.
- Quando possuem interface móvel, além de baixar o app, ele precisa estar sempre atualizando a cada novo conhecimento que adquire a partir da interação com diversos usuários.

Tendo a visão desses pontos positivos e negativos das ferramentas de tutoria inteligente analisadas, buscou-se utilizar de boas práticas utilizadas por elas, assim como inserir possíveis mudanças capazes de superar os pontos fracos identificados. A próxima seção apresenta uma proposta de adaptação do modelo de sistema de tutoria inteligente tradicional com abordagem de chatbot.

4 MODELO DE FERRAMENTA BASEADA EM AI CONVERSACIONAL

Neste capítulo será apresentado uma adaptação de modelo de assistente virtual inteligente/chatbot para apoiar os alunos da disciplina de EI do curso de SI, como um tutor, no aprendizado de empreendedorismo de maneira autônoma utilizando técnicas do framework Challenge Based Learning.

4.1 EVOLUINDO A PARTIR DO CENÁRIO ATUAL

Como mencionado no início deste trabalho, foram listados três problemas identificados a partir da troca de experiências com alunos do CIn que desejam se tornar empreendedores. Foram listados os seguintes problemas:

1. Alunos que estão tendo contato inicial com com empreendedorismo ou cursos de formação empreendedora, se sentem perdidos ao serem encorajados a desenvolver um modelo de negócio e por não saber por onde começar abandonam sua ideia de forma prematura;
2. Existem também aqueles que, mesmo com experiência prévia sentem dificuldades no processo de criação de um negócio sustentável, sendo necessário pivotar várias vezes, o que os desestimulam por não saber como alcançar a proposta de produto viável;
3. Em outros casos, possuem modelos de negócios com boas perspectivas, mas, não conseguem progredir seja por falta de recursos ou de um mentor ao alcance e deixam o negócio estagnado.

Após o levantamento desses problemas, eles foram expostos a dezessete alunos da disciplina de EI e em seguida foi realizada uma conversa para certificar que eles de fato enfrentam estes problemas e como eles estão resolvendo-os hoje.

Na busca pela proposta de solução será apresentado um modelo de tutor inteligente que oferece aos alunos uma abordagem autônoma e personalizada de ensino com interação via chat.

4.2 CHATBOT BASEADO EM MODELOS - UMA ADAPTAÇÃO PARA A DISCIPLINA DE EI

A proposta de ferramenta construída neste trabalho é uma adaptação do modelo de sistemas de tutoria inteligente seguindo algumas características de tutores e agentes inteligentes identificadas a partir da investigação de solução apresentada na subseção 2.5.

A arquitetura foi baseada em modelos segundo comportamento tradicional das ferramentas de AI aplicadas ao contexto educacional. Na figura 2 é apresentado a arquitetura do tutor baseada em modelos.

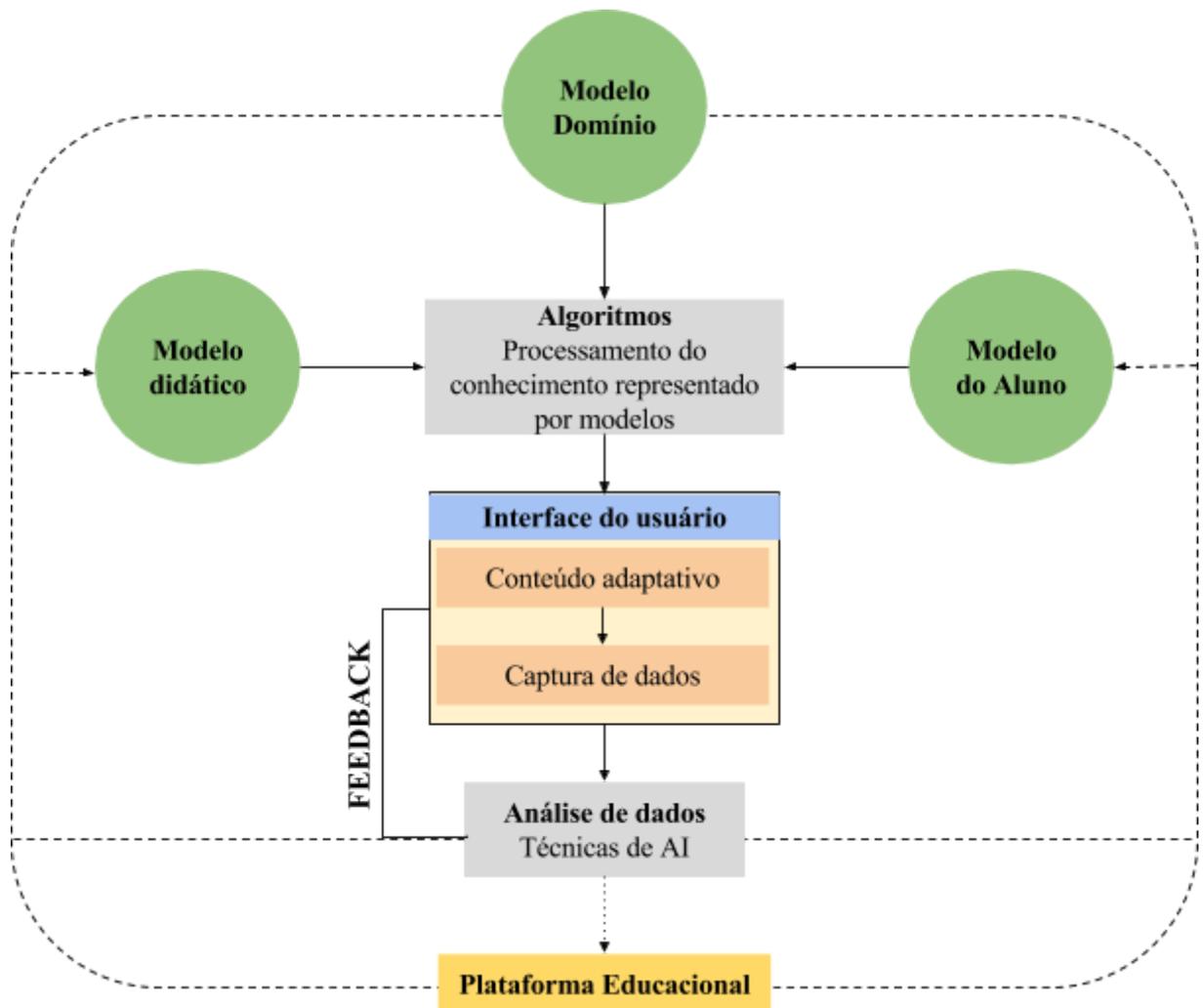


Figura 2. Arquitetura típica de tutor baseado em modelos baseada no artigo Intelligence Unleashed An argument for AI in Education[7].

4.2.1 MODELOS-CHAVES

Cada modelo-chave foi ajustado para atender às necessidades do processos de ensino da disciplina de EI. Como a intenção desta solução é oferecer inicialmente um agente intermediário que possa ajudar o aluno com sugestões de conteúdo. No modelo de domínio específico, engloba conteúdos pré-definidos e avaliados pelo professor como conteúdo para inicial, médio e avançado.

Modelo Didático/Pedagógico

Para o modelo didático/pedagógico foi definido o comportamento segundo os processos do framework CBL - Challenge Based Learning ou Aprendizagem Baseada em Desafio.

CBL é um framework multidisciplinar voltado ao ensino e aprendizagem que reflete o ambiente de trabalho inovador do século 21. Seu processo é constituído por 5 estágios com subprocessos que somam 7 etapas, sendo eles: 1. Identificação e compreensão de uma grande ideia e questão essencial seguida da aceitação de um desafio; 2. definição da fundação do trabalho a partir do desenvolvimento de perguntas, atividades e recursos orientados, busca por resposta e criação de ideias; 3. apresentação da solução; 4. implementação e avaliação; e por fim o estágio 5 de reflexão.

O objetivo do CBL é fazer com que o aluno determine a direção da sua pesquisa. Tendo em visto isso, o comportamento do tutor virtual foi pensado de forma a oferecer ao aluno dicas e conteúdos que os estimulem a buscar respostas aos próprios questionamentos.

A atenção foi voltada a todos os estágios, exceto o número 1, que pode ser trabalhada pelo aluno individualmente, ou determinada inicialmente pelo professor. Em seus primeiros passos o tutor será apenas um agente virtual para apoiar os alunos oferecendo atividades e recursos orientados. As etapas avaliação e solução foram adaptadas a realidade da ferramenta. Após a sugestão de atividade e entrega de recursos orientados o tutor virtual pergunta a relevância do conteúdo para o aluno, cobrindo a etapa de reflexão. Após o resultado, sendo ele satisfatório para o aluno, o tutor solicita a resposta do aluno para o questionamento que iniciou o ciclo de tutoria.

Para o ciclo de tutoria guiado pelo modelo didático foi realizada uma adaptação das técnicas de tutoria em 5 passos utiliza pelo ITS AutoTutor, ajustando início do ciclo e acrescentando outras passos relevantes para o modelo de ferramenta deste trabalho. O ciclo de tutoria ocorrerá da seguinte forma:

1. O aluno faz uma pergunta difícil ou apresenta um problema (2 estágio do CBL);
2. O tutor oferece meios para o aluno encontrar a resposta(2 estágio do CBL);
3. Tutor solicita feedback e resposta do aluno ao questionamento anterior (3, 4 e 5 etapa do CBL);

4. Tutor faz um breve comentário sobre a qualidade da resposta (4 etapa do CBL);
5. Tutor e aluno tem um diálogo mult-turn (turnos alternados) para melhorar a resposta do aluno (etapa 2 do CBL partindo de orientação guia do tutor);
6. Tutor avalia a melhoria da resposta e dá feedback ao aluno (4, 5 etapa do CBL).

Na primeira fase do assistente virtual, este ciclo de tutoria será apenas suportado no processo de tutoria aluno-agente, não sendo aplicado durante a interação colaborativa.

Modelo do Aluno

No modelo do aluno é concentrada toda a informação referente ao seu conhecimento. Para o agente inteligente, o aluno é classificado por níveis e perfis. Existem três níveis de classificação do aluno: iniciante, mediano e avançado. A identificação do nível de conhecimento do aluno é fundamentação para que a aplicação inteligente possa avaliar quais os conteúdos mais significativo de maneira positiva para o aluno e a partir disso enviar conteúdo adaptativo ao seu estado atual. Já a classificação por perfil tende a separar alunos com características de um Hustler, Hipster e Hacker. Para o universo empreendedor eles são conhecidos como “o power trio do empreendedorismo” e que para ter uma equipe eficiente, você só precisa deles. A junção desses três perfis são fundamentais para a construção de uma equipe multidisciplinar de sucesso. O hipster é o profissional mais ativo, normalmente um designer com genialidade criativa e o personagem que garantem que o produto final seja aperfeiçoado. O hacker, é responsável pelo desenvolvimento do software e possui grande desenvoltura para a construção de soluções de efeitos extraordinários a partir de linhas de código. E por fim o hustler, “o que sabe convencer e ganhar dinheiro”, focado em alcançar metas financeiras, esse perfil utiliza bastante de frases motivadoras quando está com sua equipe e sabe promover como ninguém a sua imagem quando está perto do cliente. Geralmente, por conta dessas características, o hustler é o que mais ganha fama no meio empreendedor.

O modelo do aluno está em constante atualização, a cada interação com o tutor novas informações sobre o aluno são acrescentadas. Essa atualização é fundamental para análise do desenvolvimento do estudante e criação de estratégias para que ele possa melhorar constantemente o seu desempenho.

Na figura 3 traz um exemplo de identificação do nível do aluno durante um trecho do ciclo de tutoria. No exemplo o aluno usa o termo “Early adopter”, logo o assistente inteligente identifica a partir da análise da estrutura da frase que o aluno conhece este termo e sabe para o que é aplicado, neste momento o tutor supõe que este aluno possua um nível de conhecimento avançado sobre os assuntos de empreendedorismo.

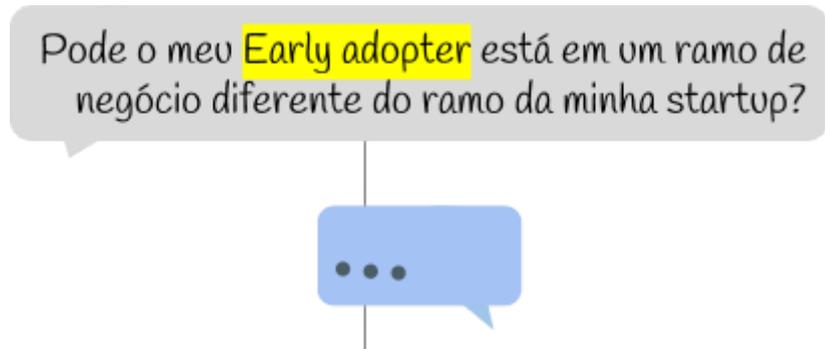


Figura 3. exemplo da identificação do perfil do aluno durante um ciclo de tutoria.

Modelo de Domínio

Por fim, o modelo de domínio está concentrado no conteúdo que o aluno está aprendendo, isto é, o conteúdo da disciplina de EI.

Assim como o modelo do aluno define como o modelo didático irá trabalhar, o modelo de domínio define qual material mais relevante deverá ser enviado a partir da análise de interesses e nível de conhecimento do estudante.

Os modelos de aprendizado são representações das interações que acontecem entre o agente virtual e o aluno. As atividades representadas no modelo, como atividades do aluno, histórico de conversas e feedbacks enviados, podem ser usados pelos componentes de domínio e didático/pedagógico do chatbot para ajudar a melhorar o desempenho do aluno. Esses mesmos modelos utilizam as informações coletadas do aluno para determinar como poderá ser a próxima interação com o aluno e a seleção de conteúdos.

4.2.2 INSERINDO CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS COGNITIVOS

A proposta de chatbot baseado em AI deste trabalho está atrelada às características de um sistema cognitivo, que são: processamento de dados não estruturados, geração e avaliação de hipóteses e aprendizagem dinâmica.

Atualmente, existem diversas plataformas de serviços capazes de oferecer características cognitivas que podem ser utilizadas por diferentes tipos de aplicações. As plataformas mais conhecidas são, o Windows Azure, Google Cloud e IBM BlueMix. A plataforma como serviço (PaaS) baseada em projeto de código aberto, BlueMix, da IBM traz um catálogo de serviços cognitivos, os serviços do Watson. Para o modelo proposto neste trabalho optamos para o uso dos serviços Watson da IBM. A escolha se deu devido a popularidade do Watson, por ser considerado fácil de usar e oferecer suporte aos desenvolvedores através de uma documentação completa das APIs, fórum, demonstrações de uso disponíveis do Github e uma comunidade considerada de profissionais com experiência no uso de diferentes APIs. Além disso, a grande motivação para o uso dos serviços do Watson foram os resultados alcançados pelo professor do curso de pós-graduação em ciência da computação do instituto de tecnologia da Georgia - GeorgiaTech, Ashok Goel, com a

construção da assistente virtual de ensino “Jill Watson”, implementado utilizando tecnologias oferecidos pela plataforma do IBM Watson. Jill Watson é um sistema projetado para responder a questões em linguagem natural, e durante sua interação com os alunos nenhum deles percebeu que a assistente do professor Goel era um robô[18]. Abaixo está uma representação do uso das APIs do Watson em diferentes etapas do modelo de arquitetura do chatbot.

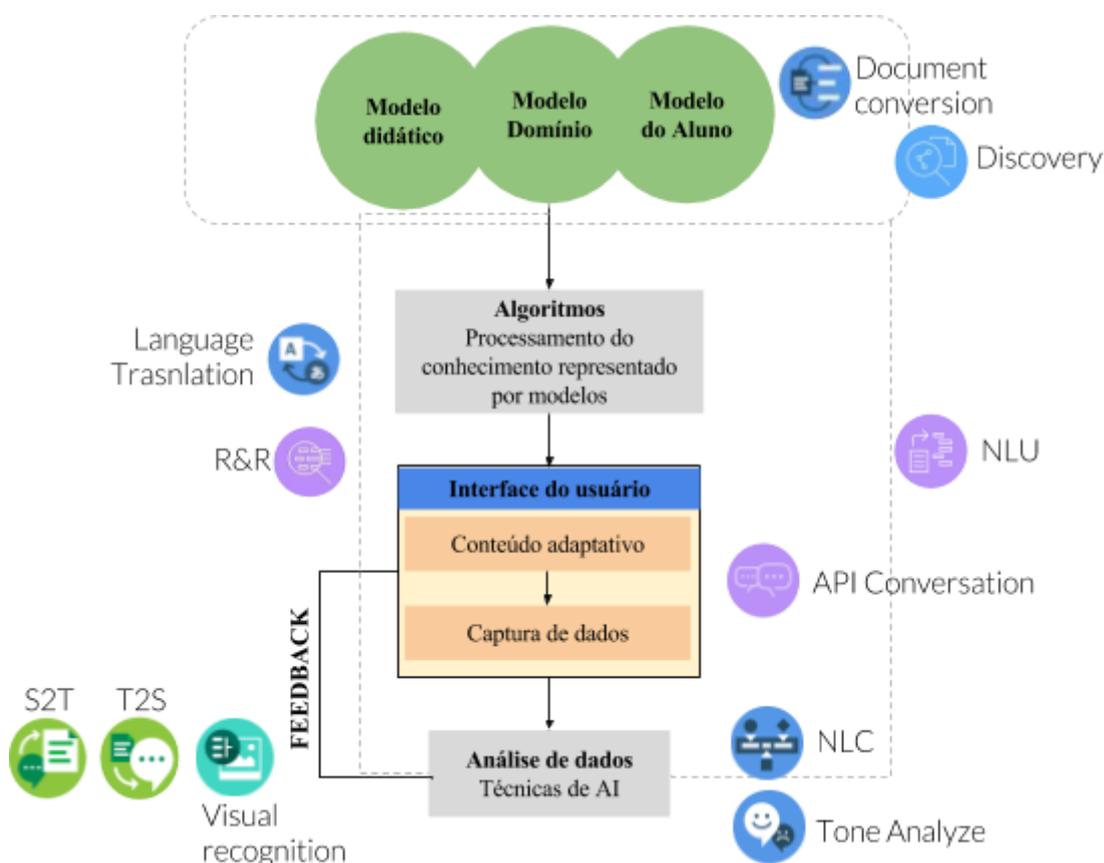


Figura 4. Representação do uso das APIs Watson na etapas do modelo do agente proposto.

Os modelos-chave são a representação de mundo do agente virtual. O uso do serviço *Discovery* oferece um serviço de armazenamento de dados e busca avançada na web a partir da definição de entidades chaves. Com ele, também é possível criar um acervo de dados privados como artigos, livros, vídeos, imagens, e outras mídias. Este serviço suporta um grande número de dados que reflete o conteúdo da disciplina de EI selecionados e inseridos diretamente pelo professor. O *document conversion* possui grande diferencial para os objetivos fins do modelo proposto. Ele Converte vários arquivos de diferentes formatos em um único arquivo HTML dinamicamente. Além de formar um único documento com classificação de respostas que e pode ser alimentado de forma dinâmica. O diferencial do *document conversion* está no seu uso como apoio ao serviço *R&R - Retrieve and Rank*. O *R&R* recupera a informação e lista segundo a classificação do usuário, isto é, ele faz um rank das informações. Ele necessita de feedback a cada fim de execução. A partir do documento de classificação de respostas do *document conversion*, o *R&R* pode recuperar a resposta para o

questionamento do aluno e a partir do feedback do aluno, ele classifica a lista de respostas ligadas aquela pergunta.

No apoio ao processamento e captura dos dados do aluno durante o ciclo de conversação estão as APIs *NLU - Natural language Understand*, *NLC - Natural language classifier*, *Tone Analyze*, *Language translation* e a *API Conversation*.

O *NLU* possui técnicas de Deep Learning em sua estrutura, é treinado para fazer um mapeamento da entrada em linguagem natural em representações úteis e é capaz de analisar diferentes aspectos da linguagem, como sintaxe, semântica, morfologia, análise de estrutura de texto, análise de discurso, entre outros. O *NLC* processa e categoriza textos curtos. Esse algoritmo é capaz de classificar informação a partir de categorias previamente definidas por um conjunto de treinamentos. Devido a sua capacidade limitada, o *NLC* pode ser treinado a partir das representações criadas pelo *NLU*. O curador do conhecimento, especialista em determinada área que irá treinar o algoritmos para representar as informações, pode indexar uma palavra ou frase a resumos de conteúdos criados pelo *NLU* ao *NLC*.

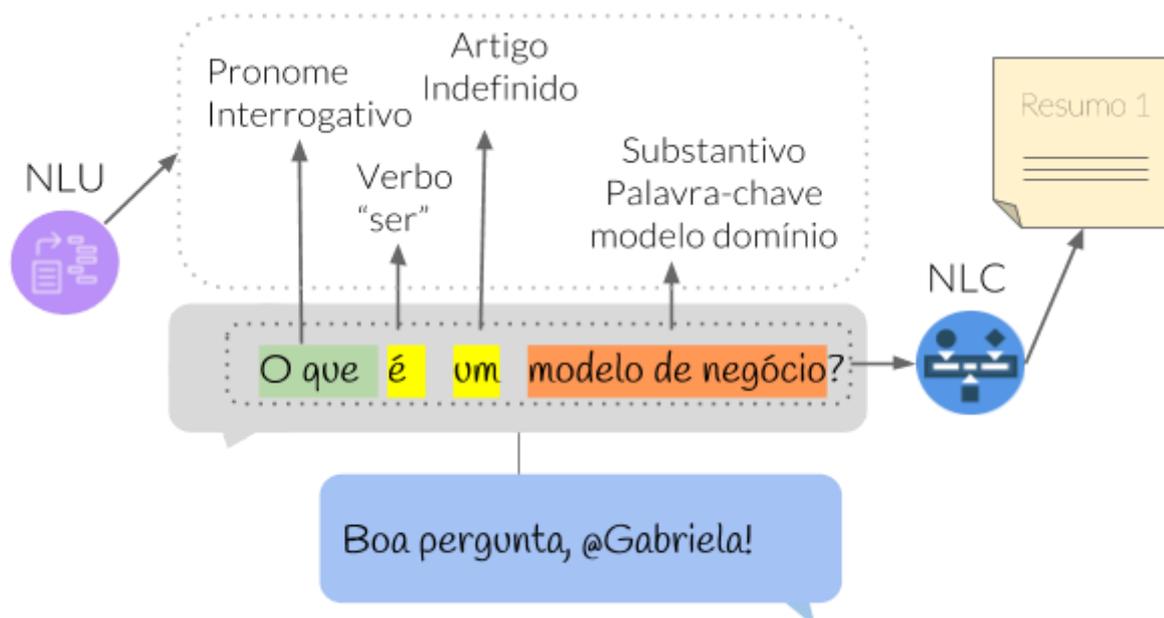


Figura 5. Demonstração simplificada da atuação do NLU e NLC durante um ciclo de tutoria.

A *API Conversation* processa linguagem natural e interage simulando uma conversa. Esse serviço oferece recursos para a criação de um diálogo com um agente que com o tempo e treinamento vai aprendendo a reconhecer novas formas de solicitar uma informação com base no conjunto de intenções de conversa e categorização de palavras previamente definidas.

Durante o diálogo humano-agente, a *API Tone Analyze* age identificando palavras e expressões que definem o estado emocional do aluno. A partir da categorização de palavras em diferentes níveis, ele é capaz de identificar se o aluno parece estar satisfeito, empolgado, desmotivado, entre outros sentimentos. O *Tone Analyze* apoia na detecção do estado afetivo do aluno e com base no resultado dessa análise o sistema inteligente decide quais comentários devem ser fornecidos ao aluno.

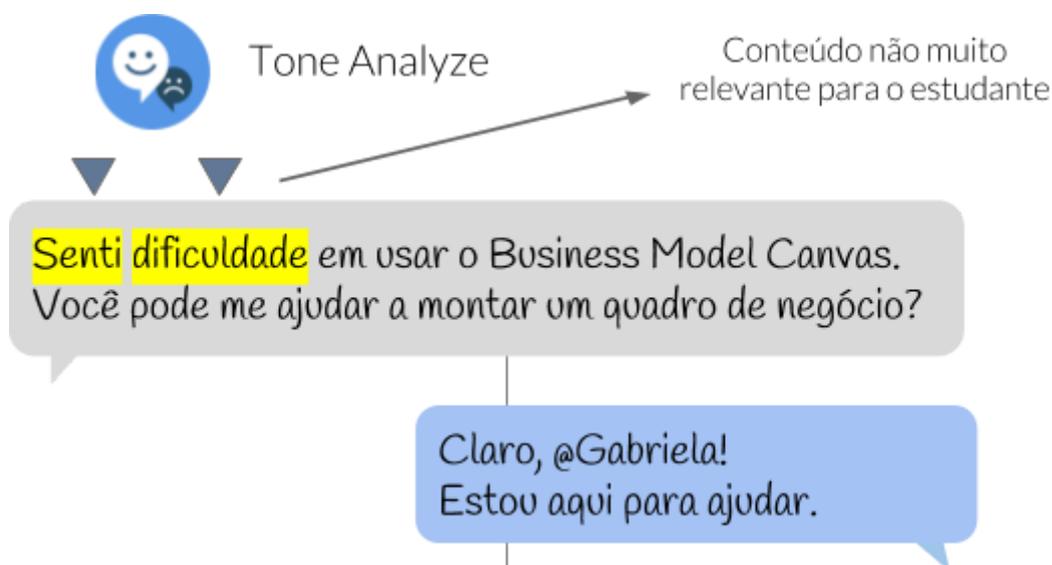


Figura 6. Demonstração simplificada da atuação do Tone Analyze durante um ciclo de tutoria.

O Watson também oferece outros serviços que podem apoiar o sistema inteligente a realizar outras funções como tradução de textos com o *Language Translation*, conversão de áudio e voz em texto escrito com o serviço *Speech To Text* e conversão de texto escrito em discurso natural *Text to Speech*. Outras aplicações poderosas são oferecidas, como os serviços de reconhecimento de padrões e insights de personalidade, com as APIs *Visual Recognition* e *Personality Insights*.

Visando, também, oferecer uma abordagem autônoma e personalizada a proposta de modelo de agente inteligente para este trabalho seguiu alguns dos cinco níveis de categorização segundo [14] por Martinez, apresentados na subseção 2.1, para a interação com o aluno durante a tutoria, como o auto-conhecimento, buscando sempre inferir respostas ao aluno citando o seu nome; auto-descrição e personalização baseada em cognição, através da conversação o agente virtual realiza análise de perfil e conhecimento do aluno para que conteúdos e tratamentos sejam utilizados de maneira adaptativa.

Outro e último ponto importante deste modelo é que ele foi pensado de maneira a reutilizar ferramentas que professores e alunos já estão familiarizados e satisfeitos com o uso, ou seja, o modelo estruturalmente pensado como um aplicativo mediador que administra informações vindas de duas ou mais pontas, podendo assim ser integrado com vários outros aplicativos, por exemplo, o Google Drive, que atualmente é bastante utilizado para a gestão de ensino. Além disso, alunos e professores não serão forçados a instalar um novo aplicativo. As informações de desempenho analisadas e armazenadas pelo tutor podem ser visualizadas pelo professor e pelo próprio aluno por meio de gráficos, dados em planilhas através da interface de outras aplicações. Além disso, professor pode ser avisado por e-mail sobre algum evento em que o agente virtual não encontre conteúdo guia para o que foi solicitado pelo aluno. Abaixo é apresentada a representação do diagrama de arquitetura completa da proposta de solução que será utilizada pelo aluno e professor.

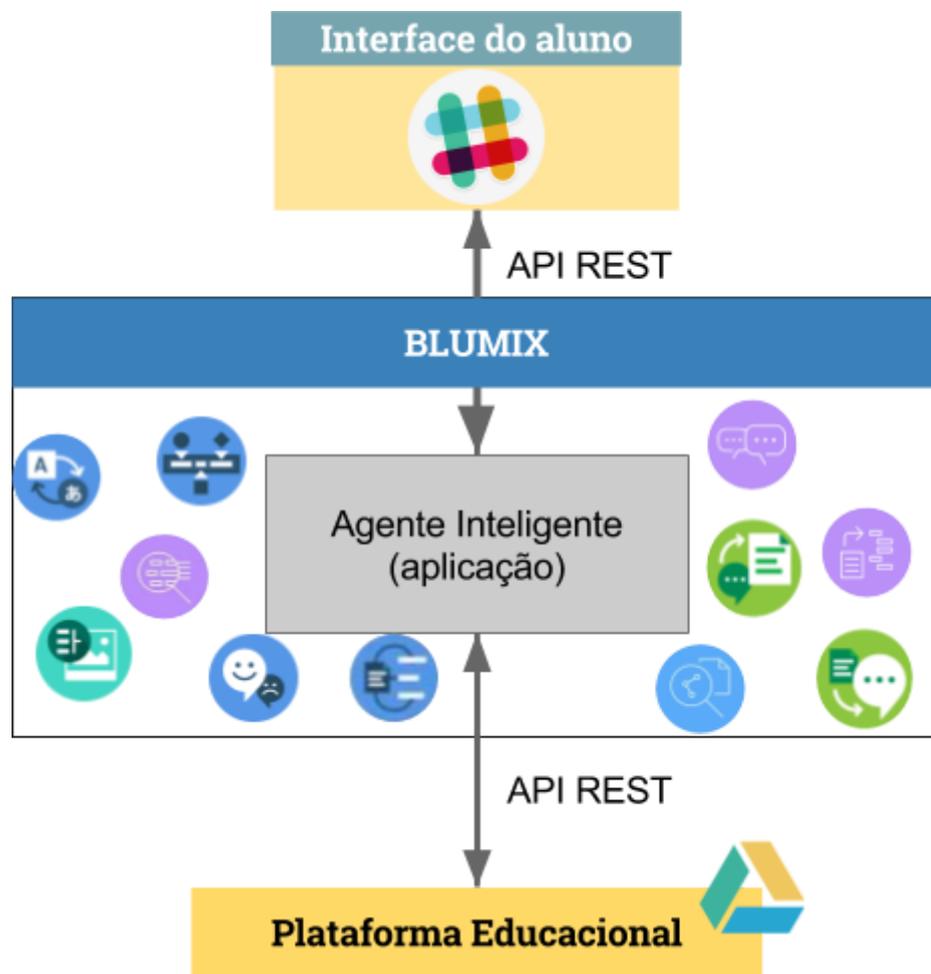


Figura 7. Representação diagrama de arquitetura de uma solução completa.

O modelo de ferramenta sugerida neste trabalho é um chatbot baseado em AI. Ele utiliza a interface de bate-papo do Slack como plataforma principal para instruir alunos da disciplina de EI por meio da conversação. Com técnicas de CBL o assistente virtual cria um compromisso exclusivo com o aluno auxiliando-o a buscar respostas aos seus próprios questionamentos.

5 CONCLUSÃO

As avaliações baseadas em conversações com agentes cognitivos fizeram progressos consideráveis com os avanços da inteligência artificial em diferentes campos especializados, como processamento de linguagem natural, processos discursivos, sistemas de tutoria inteligentes e geração de texto e fala. Os estudantes podem se comunicar com um, dois ou vários agentes artificiais para fundamentar e resolver problemas por meio de tutoria um-para-um ou de forma colaborativa.

O modelo projetado neste estudo é um conhecimento prévio, do modelo de usuários, modelo de domínio e modelo pedagógico, os quais foram adaptados a alguns segmentos da disciplina de empreendimentos em informática do curso de sistemas de informação da Universidade Federal de Pernambuco. Para o modelo, foi também sugerido o uso de sistemas cognitivos como serviço oferecidos a partir das APIs do IBM Watson, que possibilitou o trabalho e criação de inúmeros sistemas inteligentes devido ao fato de não mais precisar gastar muitos recursos com a criação de algoritmos complexos, bastando apenas utilizar a API do serviço, treinar os modelos computacionais cognitivos e focar nos resultados esperados a partir da interação com a aplicação. A interface REST acessível e intuitiva dos serviços Watson torna muito mais fácil a criação de ferramentas cognitivas para diversos contextos.

No entanto, no contexto da educação, ainda não está claro se a utilização de ferramentas cognitivas é eficaz para melhorar o desempenho dos alunos, sejam elas a partir de ferramentas que alunos estejam familiarizadas, como aplicativos de mensagens e ferramentas de apoio ao ensino, ou não. Agentes virtuais fizeram e estão fazendo sucesso em diferentes áreas comerciais, mas agentes virtuais cognitivos, podem sofrer problemas inerentes ligados ao seu design e à natureza inteligente dos sistemas.

5.1 LIMITAÇÕES

A maior limitação deste trabalho foi o problema encontrado durante a tentativa de implementação. Vários fatores contribuíram para o não alcance da construção de um produto mínimo viável(MVP) para realizar a etapa de validação com os alunos da disciplina. Entre estes fatores estão:

- a ausência de domínio de tecnologias como Node Js, que segundo recomendações da comunidade de desenvolvedores é a plataforma que oferece recursos mais fáceis para o uso dos serviços Watson;
- a documentação disponível pela IBM contém informações básicas, superficiais, e por ser uma tecnologia que está começando a ganhar popularidade, não há muita informação disponível sobre como e melhores maneiras de implementação dos serviços.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Além de um estudo mais aprofundado a respeito geração de modelos de ensino e design de interação que suportem a tutoria humano-agente, a construção do MVP será fundamental para realização da validação da ferramenta como trabalho futuro, visto que não conseguimos alcançar esta etapa durante a realização deste trabalho.

Outro ponto fundamental para os próximos passos, é a construção da ferramenta a partir da visão e recomendação de especialistas na criação e uso de agentes inteligentes aplicados à educação. Para isso se faz necessário a realização de entrevistas com grupos focais nas áreas de soluções inteligentes para educação e profissionais com experiência no uso dos serviços Watson em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KEMBER, David. **A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching.** Learning and Instruction. Cambridge, v. 7, p.255-275, set. 1997.
- [2] NIELSEN, Elena Sánchez. **Producing multimedia pills to stimulate student learning and engagement.** New York, v. 13, p. 165-170, jul. 2013.
- [3] KHAN, Sal. TEDTalks. **Let's teach for mastery - not test scores.** Disponível em <https://www.ted.com/talks/sal_khan_let_s_teach_for_mastery_not_test_scores>. Acesso em: 16 mar. 2017.
- [4] BREED, Frederick S. **A Living Philosophy of Education. Carleton Washburne.** The Elementary School Journal. v. 41, nº 5, p. 390-392, Jan. 1941.
- [5] SAMPAOLO, Marco. et al. **Winnetka Plan.** Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Winnetka-Plan>>. Acesso em: 1 abr. 2017.
- [6] LIETO, A.; RADICIONI, D. **From human to artificial cognition and back: New perspectives on cognitively inspired AI systems.** Cognitive Systems Research. v 39, p. 1-3, fev. 2016.
- [7] LUCKIN, R., Holmes, W., Griffiths, M. & Forcier, L. B. **Intelligence Unleashed. An argument for AI in Education.** London: Pearson. p. 1-58, mar. 2016.
- [8] KULIK, J. A; FLETCHER, J. D. **Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems. A Meta-Analytic Review.** Sage Journals. v 86, p.42-78, jan. 2016.
- [9] HIETNEN, L. et al. **Student Teachers' Guided Autonomous Learning: Challenges and Possibilities in Music Education.** Procedia - Social and behavioral science. Istanbul. v 217, p. 257-267, fev. 2016.
- [10] MASEK, Alias; YAMIN, S. Bin. **Nurturing personal skills development: Model of monitoring and assessment of student centred learning.** International conference on engineering education(ICEED). Kuala Lumpur, Malaysia. p. 199-202, jul/ago. 2009.
- [11] FABRIANA, Trisna; KURNIAWAN, Roy. **Adaptive and personalized learning system as workshop complement.** International conference on information technology systems and innovation (ICITISI). Bandung - Bali, p. 1-5, out. 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [12] HALIM, Noor; ALI, Mohamad; YAHAYA, N. **Personalized Learning Environment: Accommodating Individual Differences in Online Learning**. International conference on social science and humanity. New York, USA. v. 5, p. 1-3, feb. 2011.
- [13] UNIVERSITY OF CALIFORNIA. How students learn and how we can help them. Berkeley. Disponível em: <http://socrates.berkeley.edu/~kihlstrm/GSI_2011.htm>. Acesso em: 19 abr. 2017.
- [14] Martinez, M. **Designing Learning Objects to Mass Customize and Personalize Learning. The Instructional Use of Learning Objects** (versão online). Association for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology (AIT/AECT). Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- [15] GUDIVADA, V.N. **Cognitive computing: Concepts, architectures, systems, and applications**. In _____. Cognitive Computing: Theory and Applications. United Kingdom: TAQ, 2016.
- [16] EARLEY, Seth. **Executive Roundtable Series: Machine Learning and Cognitive Computing**. IT Professional. Washington, USA. v. 17, nº 4, p. 1-5, jul. 2015.
- [17] HURWITZ, Judith; KAUFMAN, Marcia, BOWLES, Adrian. **The foundation of cognitive computing**. In: _____. Cognitive Computing and Big Data Analytics. Basel, Switzerland: TAQ., 2015.
- [18] LIPKO, HILARY. **Meet Jill Watson: Georgia Tech's first AI teaching assistant**. Disponível em: <<https://pe.gatech.edu/blog/meet-jill-watson-georgia-techs-first-ai-teaching-assistant>>. Acesso em: 16 mai. 2017.
- [19] GRUBER, Tom. **Ontology**. Disponível em: <<http://web.dfc.unibo.it/buzzetti/IUcorso2007-08/mdidattici/ontology-definition-2007.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2017.
- [20] HIGH, Rob. **The Era of Cognitive Systems: An Inside Look at IBM Watson and How it Works**. US, 2012. 16 p.
- [21] WATSON DEVELOPER CLOUD. **Watson documentation**. Disponível em: <<https://www.ibm.com/watson/developercloud>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [22] LEITE, Marta. A Teoria big five da personalidade: Os 5 Fatores Explicados (Áudio-Texto). Disponível em: <<http://www.introvertidamente.com/a-teoria-big-five-da-personalidade-os-5-fatores-explicados/>>. Acesso em: 1 jun. 2017.
- [23] ROCHA, Marco. **SOLR: Indexação e buscas de alta performance usando software open source**. Disponível em: <<http://www.matera.com>>. Acesso em: 16 abr. 2017.
- [24] PENETTA, Kasey. **Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017. Artificial intelligence, machine learning, and smart things promise an intelligent future**. Disponível em: <<http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>>. Acesso em: 5 abr. 2017.
- [25] GRAESSER C; et al. **Assessment with computer agents that engage in conversational dialogues and trialogues with learners**. Computer in human behavior. Memphis, USA. v. 76, 30 mar. 2017.
- [26] BOULAY, Benedict du. **Artificial Intelligence as an Effective Classroom Assistant**. IEEE Intelligent Systems serves. v. 31, nº 6, p. 76-81, nov. 2016.
- [27] R. Keith Sawyer. **Cognitive tutors : technology bringing learning science to the classroom**. In: Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge: TAQ, 2006.
- [28] GRAWEMEYER, Beate, et al. **Adapting Feedback Types According to Students' Affective States**. Disponível em: <<http://www.italk2learn.eu/wp-content/uploads/2015/11/Adapting-Feedback-Types.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- [29] UNDERWOOD, Joshua; LUCKIN, Rosemary. **What is AIED and why does Education need it?** London, 2011. 10 p.
- [30] Litman, D. **Natural Language Processing for Enhancing Teaching and Learning**. AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-16). Arizona, US. v. 30, p. 1-7, fev. 2016.
- [31] SEK, YoungWee; MCKAY, Elspeth; DENG, Hepu. **The effect of learning preferences on learners' motivations: Towards an ARCS motivational design in open learner models**. IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e). Melaka, Malaysia. p. 1-6, fev. 2016.

[32] SHAW, Alan. **A System of Simple Sentence Parsing Rules to Produce "Answer Matching" Chatbots.** International Conference on Information Technology: New Generations. Las vegas, USA. abr. 2014.

[33] RUS, Vasile. **DeepTutor: towards macro- and micro-adaptive conversational intelligent tutoring at scale.** L@S '14 Procedimentos da primeira conferência ACM sobre Learning @ scale conference. Atlanta. v. 3, p.209-201, mar. 2014.

[34] GOKSEL-CANBERK, Nil; MEHRMET, Emin M. **On the track of Artificial Intelligence: Learning with Intelligent Personal Assistants.** Journal of Human Sciences. Hendek, Sakarya v. 13, p. 1-10, jan. 2016.