

Contribuições para o desenvolvimento de Agentes Pedagógicos Conversacionais e sua integração à Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Larissa de Mattos¹, Edson P. Pimentel¹, Juliana Cristina Braga¹, Silvia Dotta¹

¹Centro de Matemática, Computação e Cognição (CMCC)
Universidade Federal do ABC - UFABC - Santo André - SP - Brasil

{larissa.mattos, edson.pimentel, juliana.braga, silvia.dotta}@ufabc.edu.br

Abstract. *Although Learning Management Systems (LMS) provide tools, such as chats and forums for interaction between their actors, the instructional materials are mostly unidirectional. Also, LMSs lack tools that encourage students to search for information and externalize their doubts, guaranteeing a more immediate response, making use, for example, of software agents. This article aims to present the development process of a Conversational Pedagogical Agent for the domain of Introduction to Programming and its integration into the Moodle LMS. Furthermore, it presents the evaluation of the efficiency of the response assertiveness of the dialogs presented by the agent.*

Resumo. *Embora Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) disponibilizem ferramentas como chats e fóruns para a interação entre seus atores, os materiais instrucionais são majoritariamente unidirecionais. Além disso, os AVAs carecem de ferramentas que instiguem o aluno a buscar por informações, a externalizar suas dúvidas, com a garantia de uma resposta mais imediata, fazendo uso, por exemplo, de agentes de software. Este artigo tem por objetivo apresentar o processo de desenvolvimento de um Agente Pedagógico Conversacional para o domínio de Introdução à Programação e sua integração ao ambiente virtual Moodle. Além disso, apresenta a avaliação da eficiência da assertividade de resposta dos diálogos apresentados pelo agente.*

1. Introdução

Com o desenvolvimento tecnológico, o processo de ensino-aprendizagem é enriquecido por meio da educação mediada por Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) viabilizando às instituições de ensino a adoção de novas estratégias pedagógicas por meio de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Estas são incorporadas ao processo de ensino aprendizagem a fim de torná-lo mais dinâmico, coletivo e atrativo, principalmente à geração dos nativos digitais.

Nesse cenário, o emprego de AVAs pelas instituições de ensino tem se expandido significativamente (TERZIDOU et al., 2016), entretanto, embora os AVAs disponibilizem ferramentas que promovem a interação entre seus atores, como fóruns de discussões e espaços destinados a conversas síncronas (OLIVEIRA, 2018), os materiais instrucionais aplicados na docência são majoritariamente unidirecionais. Estes atingem os alunos por

meio de áudios, vídeos e textos, mídias que nem sempre propiciam a interação e discussão necessárias ao modelo de ensino baseado em diálogo.

Nesse sentido, a demora na entrega de orientações e *feedbacks* pelos educadores é umas das principais críticas apontadas pelos estudantes (OLIVEIRA, 2018) da modalidade a distância. Convém destacar que a solução para este problema não é simples dado o grande volume de alunos nesta modalidade. O enfrentamento do problema passa pelo suporte de ferramentas computacionais que propiciam o diálogo síncrono e que instigam o aluno a buscar por informações e conhecimentos, mediante a externalização de dúvidas, encorajando-o a agir de acordo com suas necessidades de aprendizagem. Entende-se que essas características podem ser proporcionadas por meio da integração de Agentes Pedagógicos Conversacionais (APC) aos AVAs.

O termo APC caracteriza técnicas computacionais que proporcionam aos estudantes contexto social durante a utilização do AVA (GUO; GOH, 2016). No âmbito da Ciência da Computação, o conceito de agente de *software* é adotado ao descrever sistemas computacionais capazes de ações autônomas e flexíveis (WOOLDRIDGE; JENNINGS, 1995). Em AVAs, agentes de *software* assumem caráter pedagógico à medida que favorecem e aperfeiçoam o processo de aprendizagem dos estudantes e propiciam um ambiente de engajamento e motivação (MORENO, 2005).

Percebe-se que agentes conversacionais, embora amplamente utilizados no âmbito comercial, ainda são pouco empregados no ensino. Por exemplo, conforme apontado por Maciel, Rodrigues e Carvalho (2014), considerando-se o Moodle, um dos AVAs mais utilizados no Brasil, em seus *plugins* oficiais, não há disponibilidade de APCs modelados ao ensino que visam o suporte à aprendizagem.

Este artigo tem por objetivo apresentar o processo de desenvolvimento de um APC para o domínio de Introdução à Programação e sua integração ao AVA Moodle. Além disso, apresenta a avaliação da eficiência da assertividade de resposta dos diálogos apresentados pelo APC. O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os conceitos necessários à compreensão do trabalho e lista alguns trabalhos relacionados; a Seção 3 descreve, resumidamente, o processo de construção do APC; a Seção 4 apresenta os resultados da avaliação de assertividade; e a Seção 5 estabelece as considerações finais.

2. Revisão de Literatura

Esta Seção tem por objetivo abordar os principais conceitos e formalismos necessários para a compreensão deste trabalho, bem como alguns trabalhos relacionados.

2.1. Agentes Pedagógicos Conversacionais

APCs, comumente chamados de *chatbots*, *chatterbots* e *bots*, são estruturados com o intuito de prover aos AVAs perspectiva social, sendo capazes de dialogar por meio de linguagem natural. Desse modo, os aprendizes dialogam com o agente, que, em geral, é exposto mediante um personagem que o torne mais atrativo e próximo ao aluno (PROCTER; LIN; HELLER, 2018) (JÚNIOR et al., 2017).

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) efetuado pelos *chatbots* ocorre por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, sendo totalmente transparente ao usuário final. Operações de PLN envolvem conceitos de intenção e entidade. Nas quais,

intenção representa o mapeamento entre o que é dito pelo usuário e qual ação deverá ser executada pelo agente, e entidade é o nome atribuído aos valores dos parâmetros extraídos da sentença em linguagem natural enviada pelo usuário (CANONICO; RUSSIS, 2018). Os seguintes elementos são desenvolvidos durante a construção de um agente conversacional (LIMA, 2017): i) PLN: abstração da linguagem natural pela máquina, reduzindo-a em informação computacionalmente relevante, visando ao reconhecimento de contextos, extração e análise das informações; ii) Base de Conhecimento: base de dados que contempla o domínio de conhecimento o qual o APC domina; iii) Geração de Linguagem Natural: modelo de comunicação do APC, contemplado a partir da formação de texto natural composto por dados não linguísticos.

2.2. Modelagem do Domínio de Conhecimento

Um elemento importante para o desenvolvimento de APCs é a modelagem ou representação de seu domínio de conhecimento. Esta denota a busca humana pela melhor forma de expressar, escrever e transmitir seu conhecimento dentro de um domínio específico (BREWSTER; O'HARA, 2004). Em APCs, a representação do conhecimento ocorre mediante uma base de dados específica e deve expressar o formato adequado ao processo, principalmente dada a complexidade computacional do PLN em virtude de ambiguidades semânticas e sintáticas (VIEIRA; LOPES, 2010).

Neste contexto, ontologias são representações formais do modelo de domínio, constituídas por um conjunto de conceitos organizados de forma hierárquica, que apresentam conjuntos de relações e conjuntos de atributos (AL-ZUBAIDE; ISSA, 2011). São empregadas para formalmente representar conteúdos informacionais por meio de uma linguagem que os tornem aptos a serem computacionalmente processados, de modo a possibilitar a execução de inferências automáticas em um domínio previamente estabelecido e limitado. Neste cenário, tem-se a intensificação do emprego de ontologias que possibilitam não apenas a representação do conhecimento de um determinado domínio, como também por meio de uma semântica expressada através de linguagens formais tornam-se passivas de exploração computacional para fins de inferência (CAMPOS; CAMPOS; MEDEIROS, 2011) (ALMEIDA; BAX, 2003).

Logo, a vantagem do emprego de ontologias de domínio na construção de APCs é a representação do conhecimento mediante a interconexão dos conceitos do domínio, possibilitando o agente validar relações entre esses conceitos, por exemplo, sinônimos, hipônimos e demais características da linguagem natural (BRADEŠKO; MLADENIĆ, 2012). Para tal, ferramentas de modelagem de domínio de conhecimento são necessárias, que possibilitem mantê-lo fiel a sua essência, proporcionando integridade lógica e garantindo a consistência dos dados modelados na base (MESSINA et al., 2017).

2.3. Trabalhos Relacionados

Na literatura, são encontradas diversas abordagens ao estudo e desenvolvimento de APCs no campo educacional. Nesta Seção, são apresentados os principais trabalhos que denotam o estado da arte na área de pesquisa de APCs.

Clarizia et al. (2018) apresentam o desenvolvimento de um APC integrado ao AVA da universidade de Salerno. Sua arquitetura foi estruturada por 4 módulos: módulo *front-end* de interface do agente com o usuário, módulo *back-end* que provê a lógica da

ferramenta e armazenamento de dados, o módulo de banco de dados, e por fim, o módulo *engine* do APC, responsável pelo processamento das respostas ao aluno.

Odhiambo (2017) construiu um *framework* de integração de APCs à AVAs visando melhorar a usabilidade destes espaços. Este é constituído por interface do usuário, centro de aprendizagem, banco de dados do agente e do AVA. O autor validou o APC por meio de heurísticas de usabilidade aplicadas a um protótipo integrado ao AVA.

Silva et al. (2018) executaram a integração de um APC à uma página de curso didático no Facebook. Construído a partir da plataforma Dialogflow e integrado ao *chat* do curso, o agente atua na sugestão de objetos de aprendizagem aos alunos da disciplina.

Nilaphruek (2018) desenvolveu um sistema *mobile* inteligente baseado em agentes, no qual um APC provê suporte aos alunos quanto às dúvidas sobre cursos e atividades. Para a construção do APC, os autores executam o PLN por meio da plataforma de construção de agentes conversacionais, Dialogflow, aplicada na base de conhecimento construída por meio de ontologias.

Souali et al. (2019) apresentam uma revisão da literatura em sistemas de diálogos, propondo uma nova abordagem no AVA Moodle, baseado no uso de agentes integrados.

O trabalho de Lee et al. (2020) aborda o desenvolvimento de um APC para responder dúvidas relacionadas ao conteúdo do curso a partir de plataformas sociais, como Telegram e Facebook Messenger. A pesquisa conclui que o agente em estudo promove respostas satisfatórias aos participantes, diminuindo a carga aos docentes e se apresentando como uma ferramenta útil a ser integrada à plataformas virtuais de aprendizagem.

Villegas-Ch (2020) apresenta a construção de um APC cujo objetivo é gerar aprendizado ativo, no qual os discentes aprimoram sua participação em seu processo de aprendizagem. O autor expõe a necessidade de novas tecnologias serem empregadas em AVAs.

A análise dos trabalhos relacionados mostra que os estudos que abordam o desenvolvimento de APCs no campo educacional não se apresentam orientados à construção da base de conhecimento dos agentes. No campo educacional, a etapa de construção do conhecimento do agente é essencial ao resultado final almejado ao *chatbot*, cujo objetivo é ser uma ferramenta colaborativa no processo de ensino aprendizagem do aluno. Ademais, percebe-se na literatura lacuna quanto a trabalhos que apresentam metodologias e estudos na área de construção de APCs integrados ao AVA Moodle por meio de *plugins*.

3. Processo de Construção do APC

O processo de construção de APCs proposto neste estudo, apresentado na Figura 1, é constituído por duas macro etapas: (A) Modelagem do Domínio do Conhecimento e (B) Implementação do APC.

3.1. Modelagem do Domínio de Conhecimento

No processo de construção de APCs adotado neste trabalho, a modelagem do domínio de conhecimento a ser representado ocorreu de forma rigorosa, com a participação de um especialista no domínio, de modo que o modelo conceitual concebido estivesse apto a promover o instanciamento da base de conhecimento de um APC.

O domínio de conhecimento escolhido neste estudo para o desenvolvimento do APC foi o da disciplina Processamento da Informação (PI) ministrada na UFABC que

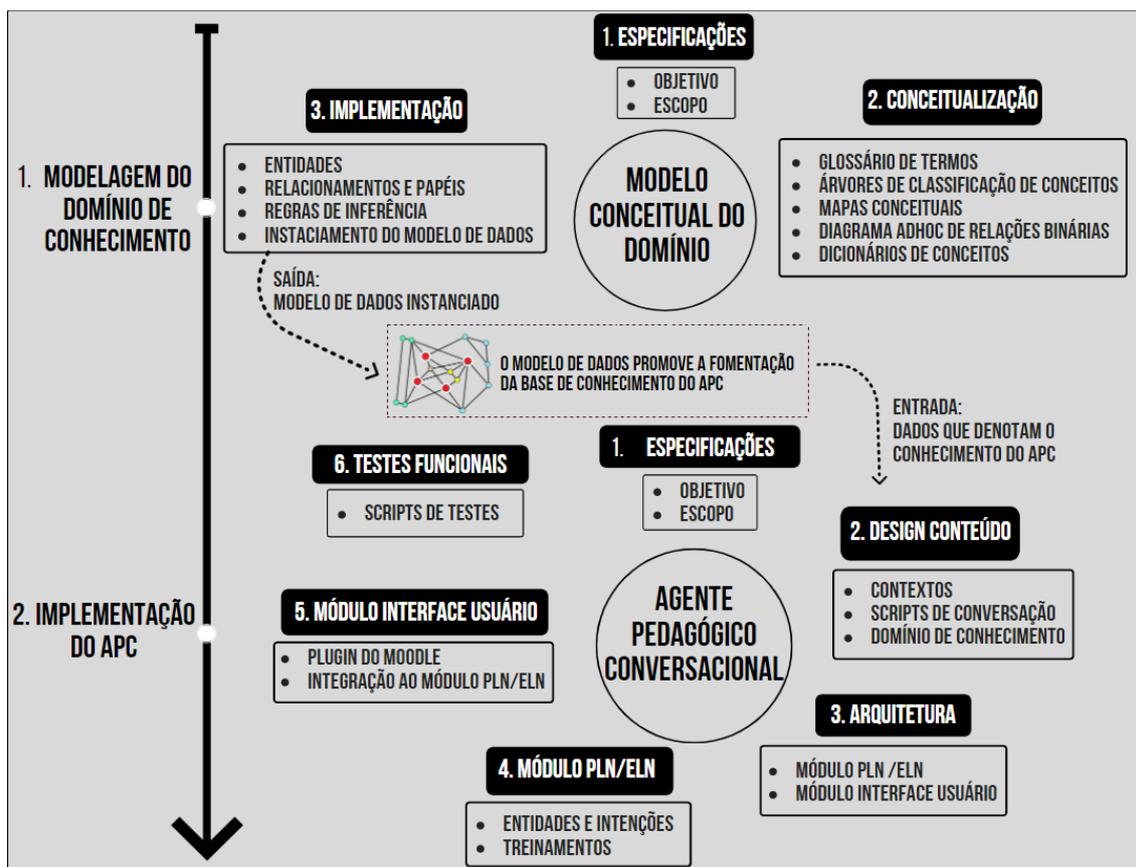


Figura 1. Processo de Construção de APCs: Etapas

corresponde a conteúdos abordados em disciplinas de “Introdução à Programação” ou “Algoritmos”. A ementa da disciplina abrange os seguintes tópicos: Introdução a Algoritmos, Variáveis e Tipos de Dados, Operadores, Entrada e Saída de Dados, Estruturas de Seleção e de Repetição, Vetores e Matrizes. Esta disciplina foi escolhida por apresentar histórico de várias turmas conduzidas no formato semipresencial por meio do AVA Moodle na instituição. Logo, foi possível aplicar uma espécie de engenharia reversa, ou seja, partir-se de um curso com conteúdos e atividades organizados e aplicar o APC neste material.

A construção da ontologia se deu pela análise do material de ensino usado na disciplina, bem como por meio de reuniões e entrevistas com um docente do curso, num processo iterativo com a construção colaborativa dos artefatos. A metodologia de trabalho adotada na construção da ontologia se baseou em Fernández-López, Gómez-Pérez e Juristo (1997), com as etapas de Especificação, Conceitualização e Implementação. Na etapa de especificação da ontologia, a fim de delinear seu contexto e escopo, questões de domínio pertinentes à recuperação da informação foram elencadas, por exemplo: i) Quais os conceitos lecionados na disciplina?; ii) Como problemas de programação são resolvidos?

Após, seguiu-se à fase de Conceitualização, cujo objetivo é organizar e transformar a visão informal do domínio captada na fase anterior em uma especificação semi formal por meio de representações baseadas em tabelas e notações gráficas, obtendo como

resultado um modelo conceitual da ontologia proposta. Sua construção se deu pelo *design* colaborativo aplicado em conjunto com um docente especialista na disciplina PI, proporcionada por meio de reuniões e entrevistas. Para tal, a partir das questões de competência, executou-se a estruturação do domínio de conhecimento em um modelo conceitual que descreve o problema e sua solução. Os seguintes artefatos foram construídos nessa fase: Glossário de Termos, Árvores de Classificação de Conceitos, Mapa Conceitual, Diagrama *ad hoc* de Relações Binárias e Dicionários de Conceitos.

Ressalta-se que, o *design* colaborativo denota o trabalho conjunto pelas partes interessadas em um produto final, de modo que os participantes construam e clarifiquem significados e necessidades do produto desenvolvido, compartilhando a visão desse produto (ALVES; MACIEL, 2016). Com os artefatos da fase de Conceitualização finalizados, seguiu-se para a fase de Implementação. Nesta, a ontologia proposta neste estudo foi construída e instanciada por meio da ferramenta de modelagem de domínios, Vaticle. Esta, por meio da linguagem TypeQL, permitiu a modelagem do domínio através de um modelo entidade-relacionamento composto de tipos entidade, relacionamento e atributos.

3.2. Implementação do APC

O APC foi construído por meio de uma metodologia de implementação de agentes conversacionais, proposta por Pricilla, Lestari e Dharma (2018), que engloba as seguintes etapas: Especificação, *Design* de Conteúdo, Arquitetura, Implementação, Testes e Protótipo Final. A implementação do APC se iniciou com etapa de Especificação. Esta, denota a especificação do escopo e objetivo do agente implementado. Para tal, foi elaborado documento de especificação de requisitos do APC, os quais foram levantados através de reuniões com docente da UFABC que ministra a disciplina PI na instituição. O APC Penelopinha objetiva entregar ao usuário final, conforme sua solicitação, e mediante diálogo síncrono, endereços *Web* de material didático, isto é, aulas, exemplos e exercícios, dos conceitos lecionados na disciplina PI ministrada pelo AVA Moodle. Logo, o público alvo do agente é composto por discentes da disciplina em questão.

Após a especificação do APC, iniciou-se a etapa de *Design* de Conteúdo, isto é, a estruturação do conhecimento e da estratégia de diálogos a ser abordada pelo agente. Primeiramente, o escopo do APC foi estabelecido em contextos distintos, conforme cenários de correspondência do usuário, sendo alguns exemplos: i) Apresentação Usuário: contexto que representa dentro de um diálogo a apresentação do usuário ao APC; ii) Devolução de Busca: contexto que representa a devolução ao usuário pelo APC de uma solicitação de busca por material didático.

A partir dos contextos definidos ao APC, os *Scripts* de Conversação foram construídos. Estes visam ilustrar os diálogos entre as partes, sendo desenvolvidos conforme a personalidade definida ao agente. Desse modo, para o presente trabalho, a fim de tornar o diálogo confortável e familiar ao usuário final, os *scripts* foram construídos empregando linguagem informal, próxima ao aluno, e com o uso de *emojis* sorridentes a fim de apresentar uma impressão amigável durante a conversa, visto que pesquisas apontam que uso de *emojis* positivos denotam a melhora na experiência do usuário (PRICILLA; LESTARI; DHARMA, 2018).

Em seguida, partiu-se para a implementação do domínio de conhecimento do APC, que denota a inteligência do agente, isto é, quais conteúdos ele é apto a discorrer

durante um diálogo. Deste modo, visando à definição dos conceitos do domínio a serem compreendidos pelo APC, o modelo de dados instanciado na macro etapa anterior, Modelagem do Domínio de Conhecimento, para o domínio de Introdução à Programação, foi empregado para fomentar a construção da base de conhecimento do APC na plataforma de desenvolvimento de *chatbots* Dialogflow, sendo 41 conceitos definidos para abordagem pelo agente. Com a finalização da etapa de *Design* de Conteúdo, seguiu-se para a fase de Arquitetura.

A arquitetura geral do sistema, apresentada na Figura 2, é constituída por dois módulos independentes e integrados entre si, sendo eles: módulo de interface do usuário e o módulo de processamento e entendimento de linguagem natural (Módulo PLN / ELN). O módulo PLN/ELN foi construído por meio da plataforma de desenvolvimento de *chatbots* Dialogflow, enquanto o módulo de interface do usuário foi desenvolvido na linguagem PHP. O fluxo de execução do APC ocorre da seguinte forma: i) O usuário do AVA Moodle enviará mensagens ao agente através de uma interface gráfica construída e integrada ao AVA por meio de um *plugin*; ii) Ao receber a mensagem, o *plugin* irá transmiti-la ao Dialogflow; iii) O Dialogflow processa e entrega a sentença de retorno em linguagem natural encaminhando-a ao usuário final por meio do *plugin*.

A partir da definição do *design* do conteúdo do agente, deu-se início à construção do Módulo de PLN do APC. Salienta-se a diferença semântica dos tipos entidade apresentados nas plataformas Vaticle e DialogFlow. Na primeira, entidades são os atores, isto é, classes, do domínio e proporcionam formas de classificação de seus objetos. No Dialogflow, o tipo entidade representa como os dados de uma expressão de um usuário final devem ser extraídos o PLN por este empregado, isto é, tipo entidades denotam a identificação e extração dos dados específicos de expressões encaminhadas pelo usuário.

Para o APC Penelopinha, as entidades a serem reconhecidas pelo agente são os 41 conceitos definidos para a sua base de conhecimento, o tipo de material desejado pelo usuário e o mapa conceitual da disciplina. Logo, as seguintes entidades foram definidas para o protótipo construído: i) Conceitos: representam os 41 conceitos almejados pelo usuário para busca do material desejado; ii) Tipo: representa o tipo de material buscado pelo usuário, isto é, aula, exemplo ou exercício; iii) Mapa: representa o mapa conceitual da disciplina PI.

Após a definição das entidades, iniciou-se o processo de definição das intenções do APC, de forma que cada intenção denota um propósito do usuário dentro do diálogo. A definição das intenções foi delimitada pelos Contextos, Domínio de Conhecimento e *Scripts* de Conversação definidos na fase de *Design* de Conteúdo, de modo que, para o APC Penelopinha, foram estabelecidas o total de 60 intenções. Após sua especificação, as entidades e intenções foram incluídas na plataforma de desenvolvimento de *chatbots* Dialogflow.

Em seguida, efetuou-se o treinamento do APC. Esta etapa proporcionou o aprimoramento do agente, de modo que ele apresentasse diálogos mais precisos às solicitações do usuário. A ferramenta de treinamento utilizada é parte da plataforma Dialogflow e permite analisar os diálogos do agente a fim de melhorar sua assertividade. Assim, é possível aferir possíveis diálogos de acordo com as suas intenções por meio da análise das requisições e correção de correspondências inválidas.

O APC, cujo seu diálogo inicial com um usuário é apresentado na Figura 2, foi integrado ao Moodle por meio de um *plugin* desenvolvido na linguagem PHP e JavaScript, utilizado para o controle do HTML da página do AVA, a fim de manipular seu comportamento e integrar o APC no canto inferior direito na página principal do curso. Por fim, de modo a verificar o funcionamento do APC quanto ao atendimento de sua especificação, empregou-se uma sequência de testes às funcionalidades previstas ao APC.

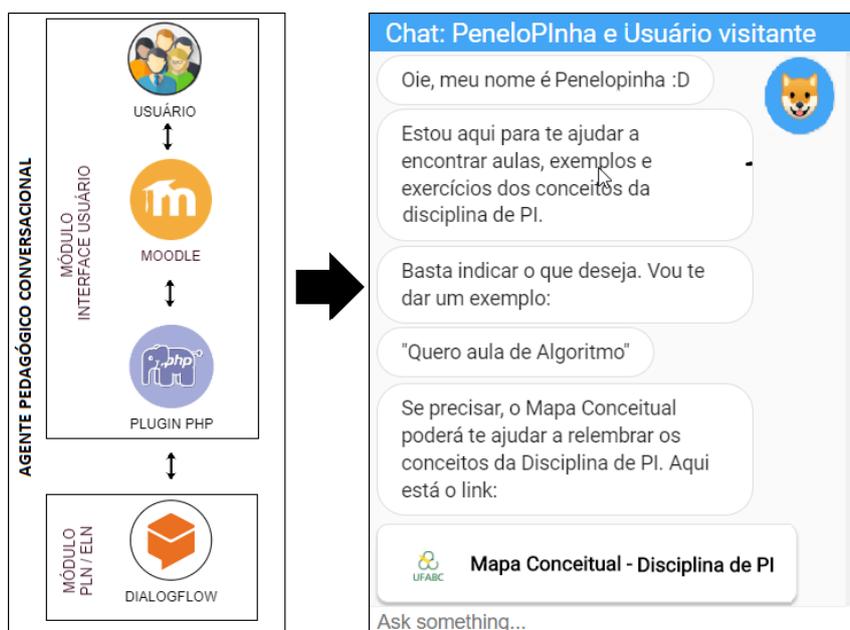


Figura 2. APC: Arquitetura e Protótipo

4. Avaliação e Resultados

Esta Seção apresenta a avaliação da eficiência dos diálogos apresentados pelo APC Penelopinha a fim de responder à seguinte questão: *O desempenho do APC foi satisfatório no que tange a assertividade de respostas encaminhadas ao usuário ?*

Em virtude da pandemia Sars-Cov-2 a disciplina PI não foi oferecida no período de avaliação do APC, impossibilitando, portanto, a coleta de dados durante a disciplina. Assim, a coleta de dados foi conduzida com voluntários. Foram enviados 478 convites aos seguintes perfis, por meio dos e-mails institucionais: Ex-monitores (14), ex-alunos da disciplina (377), alunos de Pós-Graduação (25), alunos ingressantes (34) e alunos egressos da Pós-Graduação (28). Dos 478 convidados, 33 concordaram em participar deste estudo e foram incluídos no curso. A coleta ocorreu no período de 28/09/2020 à 29/10/2020, por meio do curso PI disponibilizado no AVA Moodle da instituição UFABC contendo *plugin* do APC. A coleta de dados consistiu na interação dos participantes com o APC. Inicialmente, estes preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e receberam instruções por meio de um Protocolo de Avaliação do APC. Neste estudo, optou-se pela interação livre do participante com o APC ao invés de guiá-lo com exemplos de perguntas a serem realizadas.

A avaliação da eficiência dos diálogos do APC foi feita por meio da análise dos *logs* coletados pelo agente no Dialogflow. Cada diálogo foi individualmente avaliado e

classificado conforme os seguintes critérios: i) O APC apresentou resposta adequada ao questionamento do usuário; ii) O APC não apresentou resposta adequada ao questionamento do usuário. Os dados coletados foram organizados para análise a fim de identificar os questionamentos encaminhados pelos usuários e as intenções correspondidas às mesmas. Foram gerados 522 registros referentes ao registro de respostas recebidas e 522 de respostas retornadas pelo APC, totalizando 1044 registros.

Durante as interações dos usuários com o APC, 44 intenções foram correspondidas. A maior parte representam as intenções saudação_inicial (33,9%) e *Default Fallback Intent* (18,2%). Destaca-se que a intenção saudação_inicial denota a mensagem inicial automática apresentada pelo agente na primeira interação ocorrida no momento da abertura da caixa de diálogo pelo usuário. A intenção *Default Fallback Intent* é acionada quando a expressão encaminhada pelo usuário final não corresponde às intenções válidas, retornando uma mensagem padrão indicando a não compreensão do texto recebido e orientando o usuário a como interagir de modo mais eficaz com o APC.

Após a identificação das frases dos usuários e suas respectivas intenções correspondentes, elas foram classificadas conforme os critérios de assertividade estabelecidos. Ressalta-se que, na análise de assertividade, foram desconsideradas as 177 interações de saudação_inicial, restando 345 das 522 registradas. Das 345 interações, 61,2% das respostas se apresentaram adequadas e 38,8% não adequadas aos questionamentos do usuário. Dos retornos não adequados apresentados pelo APC, 2,3% denotavam erros ortográficos na frase do usuário que não foram reconhecidos pelo agente, 24,8% apresentavam instâncias dos conceitos da disciplina, 6,8% indicavam sinônimos de conceitos válidos não previstos na construção do APC, e 66,2% não estavam relacionados a busca por material didático de conceitos da disciplina. Cabe mencionar novamente que os participantes realizaram navegação livre. Embora disponibilizado mapa conceitual da disciplina para visualização dos conceitos, notou-se que diversas perguntas fugiram ao escopo.

Para a análise das classificações obtidas pelo APC, uma matriz de confusão foi construída a partir das 345 interações e suas respectivas intenções correspondidas, sendo classificadas em quatro classes distintas: (a) Verdadeiro Positivo (VP): interações que deveriam corresponder à intenção “X”, sendo corretamente correspondidas; (b) Verdadeiro Negativo (VN): interações que não deveriam corresponder à intenção “X”, e não foram correspondidas; (c) Falso Positivo (FP): interações que não deveriam corresponder à intenção “X”, mas foram correspondidas; (d) Falso Negativo (FN): interações que deveriam corresponder à intenção “X”, e não foram correspondidas. A matriz de confusão obtida dispõe em sua diagonal principal as interações classificadas como VP, totalizando 211 interações, ou seja, 61,16% de 345. As demais classificações foram: VN = 556, FP = 134 e FN = 134.

Quanto ao desempenho do APC face à assertividade das respostas encaminhadas aos usuários, os principais métodos de avaliação de agentes conversacionais empregados na literatura (HOSSIN; SULAIMAN, 2015) foram calculados:

- Acurácia: porcentagem das interações corretamente correspondidas perante todas as interações, obtida por $ACC = \frac{VP+VN}{VP+VN+FP+FN} = 74.11\%$;
- Taxa de Erro: porcentagem de previsões incorretamente correspondidas perante todas as interações, obtida por $TXE = \frac{FP+FN}{VP+VN+FP+FN} = 25.89\%$;
- Precisão: porcentagem das interações corretamente correspondidas perante as cor-

respostas positivas do APC, obtida por $PREC = \frac{VP}{VP+FP} = 61.16\%$;

- *Recall*: interações VP, determinando a fração correspondida corretamente, obtida por $REC = \frac{VP}{VP+FN} = 61.16\%$;
- *F1 Score*: apresenta a média harmônica entre Precisão e *Recall*, denotando, portanto, um valor único que apresenta a qualidade geral do agente, obtida por $F1 = \frac{2 \times PREC \times REC}{PREC + REC} = 61.16\%$.

Logo, os resultados obtidos indicam que as interações foram predominantemente classificadas corretamente. Os dados de assertividade permitem ainda identificar quais intenções precisam ser aprimoradas a fim de melhorar o desempenho do APC. Também, é possível identificar oportunidades de melhoria do agente, como o aperfeiçoamento da capacidade em orientar o usuário quanto a sua interação correta, bem como incluir maior quantidade de sinônimos aos conceitos abordados pelo APC.

5. Considerações Finais

Em AVAs, APCs assumem papel de mentores, tutores ou professores, e, portanto, apresentam a necessidade de modelagem rigorosa de sua base de conhecimento em conjunto com especialistas do domínio. Consequentemente, a avaliação da assertividade das respostas do APC se torna essencial, inclusive para aperfeiçoamento da modelagem da base de conhecimento e do treinamento do agente. Este artigo apresentou o processo de desenvolvimento de um APC para o domínio de Introdução à Programação e sua integração ao AVA Moodle. A avaliação da eficiência do APC foi realizada com bases nas métricas de Acurácia, Taxa de Erro, Precisão, *Recall* e *F1 Score*. O APC foi construído através da ferramenta Dialogflow e integrado ao AVA Moodle por meio de um *plugin*.

Os resultados apontaram Acurácia acima de 70%, e Taxa de Erro inferior à 30%, indicando que as interações foram predominantemente classificadas corretamente. É preciso salientar, no entanto, que a avaliação da classificação das intenções correspondidas pelo APC, foi executada por avaliação humana e, portanto, submetida ao viés do avaliador, apresentando-se como uma ameaça a validade deste estudo.

Embora agentes conversacionais sejam amplamente empregados comercialmente, ainda se mostram pouco empregados no ensino. Entretanto, salienta-se que, nos últimos anos, a área de pesquisa voltada ao estudo e construção de APCs tem sido crescentemente explorada (HAN; LEE, 2022). Contudo, percebe-se lacuna na literatura por trabalhos que aplicam o desenvolvimento de tecnologias educacionais com o envolvimento e participação ativa de educadores no processo, essencial à abordagem pedagógica eficaz.

Ressalta-se, portanto, a importância do emprego de tecnologias facilitadoras do desenvolvimento de APCs no campo da educação, e estudo da incorporação destes na área pedagógica, principalmente visto sua aplicação nas práticas a distância ou em atividades nas quais o docente almeja estender o ensino para além da sala de aula tradicional. Logo, almeja-se que este trabalho contribua para o planejamento de APCs educacionalmente eficazes e direcione futuras pesquisas e questões ligadas ao emprego de APCs em AVAs.

No que se diz respeito aos trabalhos futuros, almeja-se: i) lidar com os problemas de respostas não assertivas do APC; ii) integrar o módulo PLN/ELN do APC à base de dados externa ao Dialogflow, de modo a proporcionar maior flexibilidade às respostas do agente, e consequentemente maior assertividade; iii) realizar a avaliação do APC em cenários reais de aprendizagem, ou seja, durante a execução de uma disciplina.

Referências

- AL-ZUBAIDE, H.; ISSA, A. A. Ontbot: Ontology based chatbot. In: IEEE. *International Symposium on Innovations in Information and Communications Technology*. [S.l.], 2011. p. 7–12.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da informação*, SciELO Brasil, v. 32, n. 3, p. 7–20, 2003.
- ALVES, F.; MACIEL, C. Design de colaboração: Um experimento de codesign com o planejamento de atividades educacionais gamificadas. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, v. 12, p. 16–25, 2016.
- BRADEŠKO, L.; MLADENIĆ, D. A survey of chatbot systems through a loebner prize competition. In: *Proceedings of Slovenian Language Technologies Society Eighth Conference of Language Technologies*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 34–37.
- BREWSTER, C.; O'HARA, K. Knowledge representation with ontologies: the present and future. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE, v. 19, n. 1, p. 72–81, 2004.
- CAMPOS, M. L. de A.; CAMPOS, L. M.; MEDEIROS, J. da S. A representação de domínios de conhecimento e uma teoria de representação: a ontologia de fundamentação. *Informação & Informação*, v. 16, n. 2, p. 140–164, 2011.
- CANONICO, M.; RUSSIS, L. D. A comparison and critique of natural language understanding tools. *Cloud Computing*, p. 110–115, 2018.
- CLARIZIA, F. et al. Chatbot: An education support system for student. In: SPRINGER. *International Symposium on Cyberspace Safety and Security*. [S.l.], 2018. p. 291–302.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. Methontology: from ontological art towards ontological engineering. American Association for Artificial Intelligence, 1997.
- GUO, Y. R.; GOH, D. H.-L. Evaluation of affective embodied agents in an information literacy game. *Computers & Education*, Elsevier, v. 103, p. 59–75, 2016.
- HAN, S.; LEE, M. K. Faq chatbot and inclusive learning in massive open online courses. *Computers & Education*, v. 179, p. 104395, 2022. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131521002724>>.
- HOSSIN, M.; SULAIMAN, M. A review on evaluation metrics for data classification evaluations. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, Academy & Industry Research Collaboration Center (AIRCC), v. 5, n. 2, p. 1, 2015.
- JÚNIOR, C. P. et al. Uso de ontologias para agentes conversacionais no contexto de ensino-aprendizagem: Uma revisão sistemática da literatura. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2017. v. 28, n. 1, p. 183.
- LEE, L.-K. et al. Using a multiplatform chatbot as an online tutor in a university course. In: IEEE. *2020 International Symposium on Educational Technology (ISET)*. [S.l.], 2020. p. 53–56.

LIMA, C. E. T. *Um Chatterbot para criação e desenvolvimento de ontologias com lógica de descrição*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

MACIEL, A. M.; RODRIGUES, R. L.; CARVALHO, E. C. Desenvolvimento de um assistente virtual integrado ao moodle para suporte a aprendizagem online. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 25, n. 1, p. 382.

MESSINA, A. et al. Biograkn: a knowledge graph-based semantic database for biomedical sciences. In: SPRINGER. *Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems*. [S.l.], 2017. p. 299–309.

MORENO, R. *Multimedia learning with animated pedagogical agents*. Cambridge University Press, 2005.

NILAPHRUEK, P. e. a. Intelligent assistant system based on natural language dialog using ontology-based in a case study of computer science department, rmutt. 2018.

ODHIAMBO, B. A. e. a. Framework for improving usability of learning management systems by integrating pedagogical agent. *International Journal of Computer Applications*, Foundation of Computer Science, v. 166, n. 8, 2017.

OLIVEIRA, J. K. C. de. Ambiente virtual de aprendizagem: Elementos e ferramentas que influenciam a interação online. *Revista Docência e Cibercultura*, v. 2, n. 2, p. 185–196, 2018.

PRICILLA, C.; LESTARI, D. P.; DHARMA, D. Designing interaction for chatbot-based conversational commerce with user-centered design. In: IEEE. *2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA)*. [S.l.], 2018. p. 244–249.

PROCTER, M.; LIN, F.; HELLER, B. Intelligent intervention by conversational agent through chatlog analysis. *Smart Learning Environments*, Springer, v. 5, n. 1, p. 30, 2018.

SILVA, M. et al. Integração de um agente conversacional no processo de ensino e aprendizagem utilizando as teorias mce e mmeeb para a retenção do conhecimento. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2018. v. 29, n. 1, p. 99.

SOUALI, K. et al. Recommending moodle resources using chatbots. In: IEEE. *2019 15th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*. [S.l.], 2019. p. 677–680.

TERZIDOU, T. et al. Agent supported serious game environment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 9, n. 3, p. 217–230, July 2016. ISSN 1939-1382.

VIEIRA, R.; LOPES, L. Processamento de linguagem natural e o tratamento computacional de linguagens científicas. *EM CORPORA*, p. 183, 2010.

VILLEGAS-CH, W. e. a. Proposal of an architecture for the integration of a chatbot with artificial intelligence in a smart campus for the improvement of learning. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 4, p. 1500, 2020.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: Theory and practice. *The knowledge engineering review*, Cambridge University Press, v. 10, n. 2, p. 115–152, 1995.