

---

**EduColab: Sistema de Recomendação  
Educativa para Promover a Colaboração em  
Fóruns de Discussão**

---

**Antônio Justiniano de Moraes Neto**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Uberlândia  
2024



**Antônio Justiniano de Moraes Neto**

**EduColab: Sistema de Recomendação  
Educativa para Promover a Colaboração em  
Fóruns de Discussão**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Aparecida Fernandes  
Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel

Uberlândia

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M827 Moraes Neto, Antônio Justiniano de, 1970-  
2024 EduColab [recurso eletrônico] : sistema de  
recomendação educacional para promover a colaboração em  
fóruns de discussão / Antônio Justiniano de Moraes Neto.  
- 2024.

Orientadora: Márcia Aparecida Fernandes.

Coorientador: Tel Amiel.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Pós-graduação em Ciência da Computação.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2024.628>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Computação. I. Fernandes, Márcia Aparecida, 1963-  
(Orient.). II. Amiel, Tel, 1978-, (Coorient.). III.  
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em  
Ciência da Computação. IV. Título.

CDU: 681.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da  
Computação

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1A, Sala 243 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG,  
CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4470 - www.ppgco.facom.ufu.br - cpgfacom@ufu.br



## ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciência da Computação				
Defesa de:	Tese, 32/2024, PPGCO				
Data:	28 de agosto de 2024	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:30
Matrícula do Discente:	11913CCP001				
Nome do Discente:	Antônio Justiniano de Moraes Neto				
Título do Trabalho:	EduColab: Sistema de Recomendação Educacional para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão				
Área de concentração:	Ciência da Computação				
Linha de pesquisa:	Inteligência Artificial				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	-----				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, assim composta: Professores Doutores: Tel Amiel - FE/UnB (Coorientador), Fabiano Azevedo Dorça - FACOM/UFU, Renan Gonçalves Cattelan - FACOM/UFU, Joao Pita Costa - Departamento de IA do Jožef Stefan Institute, na área de Inovação, Pesquisa & Desenvolvimento, Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto RCM/UFF e Márcia Aparecida Fernandes - FACOM/UFU, orientador do candidato.

Os examinadores participaram desde as seguintes localidades: Tel Amiel - Brasília/DF, Joao Pita Costa -Liubliana/Eslovênia e Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto -Rio de Janeiro/ RJ. O aluno estava em Brasilia/DF e os outros membros da banca participaram da cidade de Uberlândia.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Prof. Dr<sup>a</sup>. Márcia Aparecida Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir á senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir ao candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

**Aprovado**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Tel Amiel, Usuário Externo**, em 01/09/2024, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renan Gonçalves Cattelan, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/09/2024, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Azevedo Dorça, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/09/2024, às 14:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto, Usuário Externo**, em 03/09/2024, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joao Paulo Pita da Costa, Usuário Externo**, em 05/09/2024, às 06:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Márcia Aparecida Fernandes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/09/2024, às 07:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5625182** e o código CRC **A6961162**.



*Este trabalho é dedicado aos meus pais Josefina e Isai, pois sem o apoio deles eu não chegaria até aqui, aos meus filhos Thainara e Pedro e às minhas enteadas Kamilla e Isabella.*



---

# Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora, Márcia Aparecida Fernandes, e coorientador, Tel Amiel, pelas horas dedicadas, pelos momentos de reflexão e pelos valiosos ensinamentos que me proporcionaram. Sem dúvidas, nossa convivência me desafiou e modificou para melhor.

A conclusão dessa etapa é fruto de um processo acadêmico que se iniciou antes do doutorado, por isso, agradeço também ao meu ex-orientador no mestrado, Lúcio França Teles, por me mostrar a importância da pesquisa.

Agradeço aos docentes e servidores da Faculdade de Computação da UFU, que estiveram sempre disponíveis para auxiliar e foram suporte essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos amigos que, mesmo antes da vida acadêmica, aconselharam e apoiaram minha trajetória profissional, em especial ao Divailton Teixeira (in memoriam), Edimar L. Chagas, Luis Anísio, Júlio Volles, Sebastião C. Matos, Tiago Saddi e Carlos Zottmann.

No PPGCO o convívio com colegas, que posteriormente se tornaram amigos, me ajudou a compreender as diversas faces do doutorado. Destaco meus agradecimentos especialmente à Taís B. Ferreira, Clênio Eduardo, Denis José, Gustavo Prado, Newarney T. Costa e Cleon X. Pereira Júnior.

Agradeço aos colegas de trabalho da Secretaria de Educação do DF - CEP-Ceilândia, principalmente os amigos Robson Castro, Wladimir Pereira e Roque Teixeira Filho, e do Instituto Federal de Brasília - Campus Taguatinga, em especial aos amigos Raimundo C. S. Vasconcelos, Veruska R. Machado, Thiago B. Amorim, Juliana R. M. Pimentel, Micaela T. Echenique e Fabiano C. Fernandes, que me incentivaram a cursar o doutorado. Agradeço ainda ao parceiro de programação Gabriel J. C. Lima.

Sem dúvidas, esse caminho teve grande contribuição do meu bem-querer, que sempre esteve disponível, compreensivamente me motivou e me apoiou nessa jornada. Por isso e por tudo, agradeço à Magda M. Oliveira.



*“Uma criação humana é uma combinação de transe e consciência, possessão e racionalidade.”*  
*(Edgar Morin)*





---

## Resumo

Um software pode recomendar interações entre estudantes em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) com o objetivo de apoiar a aprendizagem colaborativa. Entretanto, determinar a colaboração nesse ambiente para incentivar continuamente a aprendizagem permanece sendo uma questão desafiadora. Esta tese descreve uma pesquisa voltada ao desenvolvimento de um Sistema de Recomendação Educacional (SRE) que adota a Análise Conversacional (AC) para identificar a colaboração entre alunos e faz recomendações a fim de promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão de um AVA. A partir de experimentos é definida uma estratégia de AC para identificar o nível de colaboração entre estudantes, são apontadas possibilidades de intervenção em prol da aprendizagem colaborativa, é aplicado o aprendizado de máquina não supervisionado em índices resultantes da AC para validar e refinar a estratégia de recomendação preestabelecida, e são apresentados os resultados obtidos, inclusive o EduColab, o SRE desenvolvido visando promover a colaboração em fóruns de discussão de um AVA.

**Palavras-chave:** Sistema de Recomendação Educacional. Análise Conversacional. Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador. Avaliação da Aprendizagem Colaborativa. Aprendizado de Máquina. Inteligência Artificial na Educação.



---

# Abstract

A software can recommend interactions among students in a Virtual Learning Environment (VLE) for the purpose of supporting collaborative learning. However, assessing collaboration in such environment to continuously encourage learning remains a challenge. This thesis describes a research which addresses the development of an Educational Recommender System (ERS) that adopts the Conversational Analysis (CA) in order to identify students' collaboration and makes recommendations for promoting collaborative learning in discussion forums of a VLE. Based on experiments, a CA strategy is defined to identify the level of collaboration among students, possibilities for intervention in favor of collaborative learning are pointed out, the unsupervised machine learning in indexes resulting from CA is applied to validate and refine the pre-established recommendation strategy, and the results achieved are presented, including the EduColab, which is the ERS developed aiming to promote collaboration in a VLE discussion forums.

**Keywords:** Educational Recommender System. Conversational Analysis. Computer-Supported Collaborative Learning. Collaborative Learning Assessment. Machine Learning. Artificial Intelligence in Education.



---

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Estágios para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão . . . . .	40
Figura 2 – Diagrama de Atividades do SRE EduColab . . . . .	50
Figura 3 – Tela do SRE EduColab para inclusão de um fórum de discussão . . . . .	52
Figura 4 – Tópico de discussão do fórum iniciado pela postagem 29445 . . . . .	54
Figura 5 – Recomendação geral postada no fórum . . . . .	57
Figura 6 – Avaliação das recomendações relativa às questões 1 a 9 . . . . .	59
Figura 7 – Relevância das recomendações para a aprendizagem (Q10) . . . . .	60
Figura 8 – Recomendações gerais aos estudantes do fórum 9246 . . . . .	62
Figura 9 – Recomendações personalizadas à estudante 188 do fórum 9246 . . . . .	63
Figura 10 – Recomendações personalizadas aos professores do fórum 9246 . . . . .	64
Figura 11 – Três agrupamentos de estudantes no fórum 9246 . . . . .	65
Figura 12 – Recomendações a três estudantes nos agrupamentos 0, 1 e 2 (9974) . . . . .	69
Figura 13 – Recomendações ao professor com o índice preponderante <i>MTA</i> (9246) . . . . .	70
Figura 14 – Nuvem dos termos mais debatidos no fórum 9246 . . . . .	71
Figura 15 – Trajetórias de participação e colaboração do estudante 241 (9246) . . . . .	72
Figura 16 – Panorama do fórum 9930 . . . . .	73



---

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Descrição resumida dos índices utilizados . . . . .	42
Tabela 2 – Planejamento basilar das recomendações aos estudantes . . . . .	43
Tabela 3 – Planejamento basilar das recomendações aos professores . . . . .	45
Tabela 4 – Cálculo dos índices e do nível de colaboração do estudante por postagem	56
Tabela 5 – Valores definidos para um estudante . . . . .	57
Tabela 6 – Matriz de correlação das respostas dos estudantes ao questionário . . .	61
Tabela 7 – Resumo dos fóruns de discussão analisados . . . . .	62
Tabela 8 – Comparativo de resultados dos principais fóruns analisados . . . . .	66
Tabela 9 – Médias dos índices por agrupamento de estudantes no fórum 9246 . . .	67
Tabela 10 – Agrupamentos de estudantes e os tipos de envio de recomendação (9974)	67





---

## Lista de siglas

**AC** Análise Conversacional

**APT** *Academically Productive Talk*

**AVA** Ambiente Virtual de Aprendizagem

**BD** Banco de Dados

**CEP** Comitê de Ética em Pesquisa

**CTM** *Correlated Topic Model*

**CSCL** *Computer-Supported Collaborative Learning*

**EaD** Educação a Distância

**EDM** *Educational Data Mining*

**EPT** Educação Profissional e Tecnológica

**IA** Inteligência Artificial

**IAEd** Inteligência Artificial na Educação

**IF Goiano** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

**IFTM** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro

*ISI Identification of Students' Interactions*

**LDA** *Latent Dirichlet Allocation*

**ML** *Machine Learning*

*MTA Main Topic Approached*

*OD Out-Degree*

**PLN** Processamento de Linguagem Natural

*PSM Percentage of Student's Messages*

*PSQ Percentage of Student's Questions*

*PSR Percentage of Student's Returns*

*QC Questioning Characterization*

**QP** Questão de Pesquisa

*SCL Students Collaboration Level*

*SIL Student's Inducement Level*

**SNA** *Social Network Analysis*

*SPL Student's Participation Level*

**SRE** Sistema de Recomendação Educacional

**TE** Tecnologia Educacional

*WC Total Words Count*

*WDC Weighted Degree Centrality*



---

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>25</b>
1.1	Motivação . . . . .	25
1.2	Objetivos e Desafios da Pesquisa . . . . .	26
1.3	Hipótese . . . . .	27
1.4	Contribuições . . . . .	27
1.5	Organização da Tese de Doutorado . . . . .	28
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA . . . . .</b>	<b>29</b>
2.1	Fundamentação Teórica . . . . .	29
2.1.1	Promovendo a Aprendizagem Colaborativa em Fóruns de Discussão . . . . .	29
2.1.2	Análise Conversacional para Identificar a Colaboração em Fóruns de Discussão . . . . .	31
2.1.3	Sistemas de Recomendação Educacional . . . . .	34
2.2	Trabalhos Relacionados . . . . .	36
<b>3</b>	<b>EDUCOLAB: SRE PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM COLABORATIVA . . . . .</b>	<b>39</b>
3.1	Determinando o Nível de Colaboração . . . . .	40
3.2	Recomendando a Colaboração entre Estudantes . . . . .	42
3.3	Agrupando Estudantes para Avaliar e Refinar Recomendações . . . . .	46
3.4	Apresentando o SRE EduColab . . . . .	48
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTOS E ANÁLISES DOS RESULTADOS . . . . .</b>	<b>53</b>
4.1	Ensaio Dedicado à Identificação da Colaboração entre Estu- dantes . . . . .	53
4.2	Experimentos Voltados para a Prova de Conceito . . . . .	55
4.3	Experimentos para Validação e Refinamento das Recomendações . . . . .	61

5	CONCLUSÃO . . . . .	75
5.1	Contribuições em Produção Bibliográfica . . . . .	76
5.2	Trabalhos Futuros . . . . .	76
	REFERÊNCIAS . . . . .	79

## APÊNDICES 85

APÊNDICE A	– PLANEJAMENTO DA ESTRATÉGIA DE RECOMENDAÇÃO . . . . .	87
APÊNDICE B	– ASPECTOS DA ABORDAGEM METODOLÓGICA DESTA PESQUISA . . . . .	95
APÊNDICE C	– EXEMPLO DE CÁLCULO DOS ÍNDICES E DO NÍVEL DE COLABORAÇÃO POR POSTAGEM E POR ESTUDANTE . . . . .	109
APÊNDICE D	– PRODUÇÕES BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	113
D.1	Análise Conversacional para Recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD . . . . .	113
D.2	Análise Conversacional para Recomendar a Aprendizagem Colaborativa na EaD . . . . .	124
D.3	Aprendizado de Máquina em Análise Conversacional para Recomendar a Colaboração em Fóruns de Discussão . . . . .	133

---

# Introdução

Fóruns de discussão continuam sendo amplamente utilizados para a comunicação em ambientes virtuais de aprendizagem, sejam em cursos presenciais ou a distância. Um dos atuais desafios educacionais é a construção do conhecimento por parte dos estudantes, o que pode ser proporcionado pela aprendizagem colaborativa. A Análise Conversacional (AC) oferece uma forma de analisar a compreensão produzida por meio da interação, focando nos métodos pelos quais os interagentes constroem sentido colaborativamente, visando relatar como o entendimento foi alcançado na conversa (KOSCHMANN, 2013). Uma abordagem metodológica de AC pode avaliar não apenas o conteúdo, mas também a estrutura, os papéis e as relações nas conversas dos estudantes (ABRAHAM et al., 2016). Portanto, a caracterização da conversação on-line proporcionada pela AC pode ser utilizada em fóruns de discussão para melhor identificar onde e como ocorre a interação social, indicando assim possibilidades de realizar recomendações adequadas a fim de promover a aprendizagem colaborativa.

Nesta pesquisa, a aprendizagem colaborativa é caracterizada a partir da interação entre estudantes em um fórum de discussão, no qual abordam conjuntamente um ou mais tópicos e retornam as mensagens postadas pelos colegas, estabelecendo assim uma conversa. No caso de haver um questionamento acerca de qualquer tópico abordado, é desejável que haja ao menos uma resposta de um colega. Considerando isso e tendo a perspectiva de promover a aprendizagem colaborativa, é necessário implementar uma estratégia metodológica para a avaliação da colaboração entre estudantes.

## 1.1 Motivação

Promover a aprendizagem colaborativa é ampliar o foco tradicional, de interação direta apenas com o conteúdo e com os professores, pelas possibilidades educacionais que surgem da conexão aluno-aluno. Assim, eles aprendem por meio de suas dúvidas e interesses, ensinando uns aos outros. Ao mesmo tempo, podem visualizar como os demais estão aprendendo e suas dificuldades, o que demanda um suporte computacional orientado à



interação produtiva de forma motivadora (STAHL; KOSCHMANN; SUTHERS, 2005).

A Inteligência Artificial (IA) como ferramenta pedagógica oferece oportunidades para apoiar a aprendizagem em ambientes adaptativos e personalizados (ZAWACKI-RICHTER et al., 2019). Por exemplo, um agente conversacional integrado a um ambiente virtual pode fornecer feedback predefinido durante o chat para intervir e estimular o engajamento dos estudantes na conversa e manter o foco em um aspecto da tarefa em questão (TAWFIK; GRAESSER; LOVE, 2020). Portanto, aplicações de IA podem ser adotadas para instigar o debate entre os alunos em um fórum de discussão e, caso haja interação ou a ausência dela, indicar ao professor onde a colaboração está ocorrendo ou poderá ocorrer. Além disso, essas ferramentas podem sugerir ações para estimular a aprendizagem colaborativa.

Considerando esse potencial de aplicação da Inteligência Artificial na Educação (IAEd), é relevante estabelecer um método para medir a colaboração entre os estudantes. Esta pesquisa propõe índices para determinar o nível de colaboração com base nas mensagens que os estudantes postam em fóruns de discussão e, a partir desses índices, fazer recomendações a alunos e professores a fim de promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais de aprendizagem, conforme descrito no Capítulo 3.

## 1.2 Objetivos e Desafios da Pesquisa

O objetivo geral da pesquisa foi desenvolver um Sistema de Recomendação Educacional (SRE) para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, através da análise conversacional das postagens dos estudantes.

Os objetivos específicos foram:

1. Analisar aspectos de interações entre estudantes que possam indicar a colaboração nos fóruns de discussão;
2. Elaborar índices para identificar os níveis de colaboração a partir dos textos postados e dos aspectos das interações;
3. Definir estratégia de recomendação a alunos e professores a partir do nível de colaboração;
4. Avaliar e refinar a estratégia de recomendação a alunos e professores através de prova de conceito e aprendizado de máquina;
5. Implementar um sistema de recomendação educacional que, a partir dos dados extraídos dos fóruns de discussão do Moodle<sup>1</sup>, identifica os níveis de colaboração e disponibiliza as recomendações.

<sup>1</sup> Moodle website: <https://moodle.com/pt/>.

A questão mais desafiadora para esta pesquisa foi identificar a colaboração entre estudantes e, com base nisso, fazer recomendações que de fato incentivem continuamente a aprendizagem colaborativa por parte de cada um deles.

## 1.3 Hipótese

Adotar a Análise Conversacional (AC) na implementação de um sistema de recomendação educacional contribui para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão foi a hipótese da pesquisa, ensejando a Questão de Pesquisa (QP) principal: desenvolver um sistema de recomendação educacional adotando a AC contribui para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão? Associadas à essa QP estão as seguintes questões:

- ❑ QP1: como identificar a colaboração entre estudantes por meio da de suas interações nos fóruns de discussão monitorados?
- ❑ QP2: quais índices permitem identificar os níveis de colaboração a partir de textos postados e de aspectos das interações?
- ❑ QP3: como definir estratégias de recomendação a alunos e professores a partir do nível de colaboração entre estudantes identificado nesses fóruns?
- ❑ QP4: de que forma é possível avaliar e refinar a estratégia de recomendação a alunos e professores através de prova de conceito e aprendizado de máquina?
- ❑ QP5: como implementar um sistema de recomendação educacional que, a partir dos dados extraídos dos fóruns de discussão do Moodle, identifique os níveis de colaboração e disponibilize as recomendações?

## 1.4 Contribuições

O desenvolvimento do Sistema de Recomendação Educacional (SRE) ocorreu em quatro fases, com a perspectiva de promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, as quais resultaram nas seguintes contribuições:

1. A análise conversacional necessária para caracterizar as interações entre estudantes nos fóruns de discussão em ambiente virtual de aprendizagem, desde que tais fóruns sejam previamente indicados por professor para serem monitorados, a fim de identificar a colaboração entre os alunos;
2. A estratégia de recomendação a alunos e professores a partir do nível de colaboração entre estudantes identificado nesses fóruns de discussão;

3. Uma forma de validar e refinar a estratégia de recomendação a estudantes e professores através de prova de conceito e aprendizado de máquina;
4. O SRE que disponibiliza as recomendações apropriadas a fim de promover a colaboração entre estudantes nos fóruns monitorados.

A principal contribuição visou portanto associar a análise conversacional e a aprendizagem colaborativa em um SRE, no qual a IA configurou uma ponte entre esses componentes.

## 1.5 Organização da Tese de Doutorado

Considerando os objetivos desta pesquisa, no Capítulo 2 estão conceitos, métodos e ferramentas adotados, bem como uma revisão da literatura correlata. A estratégia para determinar o nível de colaboração, o planejamento das recomendações, a avaliação e refinamento dessas recomendações por meio do agrupamento de estudantes, e o desenvolvimento do sistema de recomendação educacional proposto constam no Capítulo 3. No Capítulo 4 são apresentados os experimentos, incluindo a abordagem metodológica, realização, avaliação e análise dos resultados destes. Finalizando, há as conclusões no Capítulo 5, que contém ainda as publicações realizadas no âmbito da pesquisa e apontamentos para trabalhos futuros.

---

## Revisão de Literatura

Foram realizadas duas revisões de literatura, uma mais conceitual e outra com ênfase metodológica. Os resultados iniciais indicaram a análise conversacional para identificar colaboração em fóruns de discussão e possibilidades de recomendação para promover a aprendizagem colaborativa (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2020), disponível para leitura na Seção D.1. Posteriormente, foi apontada uma abordagem metodológica para calcular os índices e níveis de colaboração entre estudantes, além de planejar as recomendações a alunos e professores a fim de promover a colaboração em fóruns de discussão (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2022), que pode ser lida na Seção D.2.

Na próxima seção são abordados os fundamentos teóricos relevantes para esta pesquisa. Ao final deste capítulo, uma revisão da literatura correlata é exposta na Seção 2.2.

### 2.1 Fundamentação Teórica

Esta seção é dedicada à definição dos principais conceitos necessários ao desenvolvimento da corrente pesquisa. Nesse sentido, na próxima Subseção são apresentados aspectos da aprendizagem colaborativa e como promovê-la em fóruns de discussão. Os fundamentos relevantes da análise conversacional para esta pesquisa são abordados na Seção 2.1.2, que é seguida dos conceitos basilares de sistemas de recomendação educacional e suas associações com os ambientes virtuais de aprendizagem e a mineração de dados educacionais, constantes na Subseção 2.1.3.

#### 2.1.1 Promovendo a Aprendizagem Colaborativa em Fóruns de Discussão

Aprendizagem colaborativa apoiada por computador, em inglês *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL), propõe o desenvolvimento de novas aplicações que propiciem a aprendizagem em grupo e que ofereçam atividades criativas de exploração in-

telectual e interação social, tendo surgido nos anos 1990 como contraponto à aprendizagem isolada baseada na perspectiva de computador pessoal. Na aprendizagem colaborativa estudantes não dependem somente da interação direta com os conteúdos e docentes, ampliam-se as possibilidades pela conexão aluno-aluno. Assim, aprendem através de suas dúvidas e interesses, ensinando um ao outro, ao mesmo tempo em que podem visualizar como os outros estão aprendendo e suas dificuldades, o que demanda um suporte computacional orientado à interação produtiva de forma motivadora (STAHL; KOSCHMANN; SUTHERS, 2005).

Dentre as vantagens advindas da adoção de sistemas de recomendação educacional, destaca-se que podem motivar a colaboração entre estudantes. Entretanto, há vários desafios na implementação destes como problema de partida a frio, integração a um ambiente virtual de aprendizagem, além de qualidade e confiabilidade das recomendações, sugerindo-se reduzir ao máximo indicações tendenciosas, deixar claro a origem das recomendações ou como as novas são adicionadas (GARCIA-MARTINEZ; HAMOU-LHADJ, 2013).

Considerando esses aspectos para especificação e desenvolvimento dos sistemas de recomendação educacional, as estratégias de intervenção podem ser definidas com base na estrutura *Academically Productive Talk* (APT)<sup>1</sup>, projetada para estimular a discussão em contexto educacional com ênfase na valorização da interação (TEGOS et al., 2020). Os movimentos propostos pela APT constituem ferramentas a serem adotadas pelo professor a fim de incentivar a discussão em sala de aula na qual os estudantes expõem seus raciocínios, ouvem profunda e criticamente as contribuições dos outros e assim interagem de forma colaborativa (MICHAELS; O'CONNOR, 2015).

Resumidamente, a estratégia de recomendação para estudantes definida nesta pesquisa tem como base os seguintes movimentos de conversação da estrutura APT, seguidos de alguns exemplos de intervenção:

- ❑ *Challenging students*: O que você acha? Você pode nos dar um exemplo?
- ❑ *Expanding reasoning*: Aproveite o seu tempo e diga algo mais. Você pode dizer algo mais?
- ❑ *Linking contributions*: Quem gostaria de adicionar...? Alguém concorda ou discorda...?
- ❑ *Pressing for accuracy*: Onde podemos encontrar isso? Qual é a evidência...?
- ❑ *Pressing for reasoning*: Por que você acha isso? O que o(a) levou a essa conclusão?

<sup>1</sup> APT website: <https://www.serpoinstitute.org/wordgen-weekly/academically-productive-talk>.

A estrutura APT, atualmente ampliada pelo programa *Accountable Talk* (MICHAELS, 2016), ainda oferece estes outros movimentos de conversação, cada um seguido de breve explicação, a partir dos quais foi definida a estratégia de recomendação para professores:

- ❑ *Ensuring equitable participation*: ajudar os estudantes a se orientarem e ouvirem uns aos outros com atenção;
- ❑ *Maintaining student engagement and motivation*: apoiar os alunos para se envolvem com o raciocínio dos outros;
- ❑ *Making what is said intelligible*: auxiliar os estudantes individualmente a compartilharem seus próprios pensamentos;
- ❑ *Managing coherence*: facilitar o aprofundamento de raciocínio por parte de cada aluno;
- ❑ *Wait time*: tempo necessário após fazer uma pergunta, depois de pedir que um estudante fale ou seguido a uma resposta de aluno.

Com base nos índices e níveis de colaboração entre estudantes identificados por meio da análise conversacional das suas postagens em fóruns de discussão, detalhados na Seção 3.1, e nos movimentos da APT abordados nesta Seção, foram planejadas as estratégias de recomendação a estudantes e professores, apresentadas na Seção 3.2.

### 2.1.2 Análise Conversacional para Identificar a Colaboração em Fóruns de Discussão

Os resultados da primeira revisão de literatura realizada também indicaram que a natureza sequencial do pensamento é o foco da Análise Conversacional (AC), que se perde na maioria das análises estatísticas de codificação, onde as mensagens individuais são codificadas e contabilizadas sem considerar a ordem sequencial de respostas (STAHL, 2012). A adoção da AC é relevante ao considerar as características das trocas textuais on-line, cuja gramática é comparativamente informal e não estruturada, onde os usuários estão envolvidos em um tom de conversa (UTHUS; AHA, 2013).

A partir da análise dos registros de conversas, ou *logs*, é possível adotar uma metodologia para detectar e classificar o comportamento de interação dos estudantes (PROCTER; LIN; HELLER, 2018). Para avaliar a colaboração entre eles, é necessário usar técnicas de análise de interação a fim de proporcionar uma visão da colaboração segundo o fluxo sequencial das suas falas, pois quando os estudantes estão resolvendo problemas juntos e expressando por meio de textos seus pensamentos uns para os outros, esses dados ficam disponíveis para análise nos *logs* do ambiente virtual de aprendizagem. Além disso, o

fluxo de perguntas, respostas, propostas, acordos, etc. está disponível para análise como um processo cognitivo estendido (STAHL, 2012).

Ao analisar a dimensão cognitiva em discussões on-line, Farrow, Moore e Gašević (2019) constataram que o evento desencadeador é normalmente uma questão inicial que desperta o debate, apresentando pontos de interrogação. Em seguida, a presença cognitiva geralmente se aprofunda em mensagens mais longas, usando uma linguagem mais complexa. Considerando isso, para avaliar a colaboração entre estudantes é necessário usar técnicas de análise da interação entre eles como as apresentadas nesta Seção, mas para tanto é indispensável adotar práticas criteriosas de pré-processamento visando evitar erros que deteriorem a análise de fóruns de discussão, a fim de que os resultados desta possam ser usados com maior confiabilidade. O pré-processamento é a etapa da análise conversacional na qual técnicas específicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) são aplicadas, sem as quais a qualidade dos resultados será comprometida.

Uthus e Aha (2013) descreveram várias técnicas a serem aplicadas para realizar a análise conversacional, dentre as quais esta pesquisa destaca as seguintes:

- ❑ O **pré-processamento**, etapa na qual primeiramente é feita a limpeza dos dados obtidos, excluindo *tags* HTML e sinais de pontuação usados em endereços da web, e a formatação de campos numéricos. Posteriormente, ocorrem técnicas de PLN como: *lematização*, mapeando formas flexionadas de palavras para uma raiz comum; *stemização*, removendo a terminação de palavras para encontrar sua forma base; remoção de *stop words*; e mapeamento fonético que aborda características raramente vistas em textos formais, podendo ser aplicadas a palavras e números para definir o significado de palavras com grafias incomuns;
- ❑ A **identificação do atributo da mensagem** é a etapa de detectar atributos de uma mensagem, identificando o tipo de sentença, como sentença declarativa, condicional, saudação, e questionamentos;
- ❑ O **processamento de recursos**, que é a etapa dedicada a determinar as características da conversa para encontrar relacionamentos entre as mensagens, incluindo recursos como carimbos de data/hora, ou *time stamps*, identificação daquele que postou, e menções a nomes de participantes;
- ❑ A **detecção e rastreamento de tópicos**, definida como a etapa para detectar e rastrear quais assuntos foram discutidos, podendo ainda determinar quais tópicos foram debatidos ao longo do tempo.

A partir de um texto pré-processado, para realizar a etapa da análise conversacional que identifica os questionamentos, ou seja a **identificação do atributo da mensagem**, é preciso considerar que este é um tipo de mensagem na qual se busca informações, incluindo termos como ‘o quê’, ‘qual’, ‘onde’ e ‘quando’, ou que busca explicação, incluindo palavras

como ‘por que’ e ‘como’ (LU; CHIU; LAW, 2011). O software LIWC<sup>2</sup> implementa o PLN e pode ser usado para contabilizar indicadores de questionamento, por meio de um recurso lexical (CAVALCANTI et al., 2020). A fim de caracterizar as perguntas o LIWC, com base na contagem total de palavras, ou *Total Words Count (WC)*, informa porcentagens como *Interrog* e *QMark*, relacionadas à presença de termos usados para questionamento e pontos de interrogação respectivamente (PENNEBAKER et al., 2015).

Além de identificar os questionamentos, eventos normalmente desencadeadores dos debates, é relevante observar que a qualidade do engajamento em atividades voltadas para a aprendizagem colaborativa pode ser medida pelo número de respostas às postagens, e não pelo número de postagens iniciadas por um estudante, ou seja, as respostas demonstram engajamento (LYNDALL; ELSPETH, 2015). O número de estudantes debatendo também influencia na qualidade de suas interações, podendo idealmente ser organizadas em pequenos grupos, variando de 3 a 6 participantes (SAQR; NOURI; JORMANAINEN, 2019).

A análise de redes sociais, ou *Social Network Analysis (SNA)*, registra o número de interações entre os estudantes como um indicador de qualidade da colaboração (DASCALU et al., 2018), permitindo obter o número de respostas às postagens dos colegas, em conformidade com a etapa **processamento de recursos** da análise conversacional. A SNA pode ser realizada pela plataforma Cytoscape<sup>3</sup> que, ao analisar a rede de interações, fornece, dentre outras dimensões, a centralização, pela qual as medidas identificam até que ponto a rede depende de um certo número de interagentes (SHANNON et al., 2003). Outras métricas fornecidas são os graus de entrada e saída, ou *in- and out-degree*, correspondentes às bordas de entrada e saída de um determinado nó (PEREIRA, 2018). Na análise de fóruns de discussão *in-degree* é geralmente um, pois corresponde à única mensagem que deu origem a cada postagem, sendo zero apenas quando se trata da primeira mensagem postada, normalmente pelo professor. Por outro lado, *out-degree* corresponde à quantidade de mensagens que foram enviadas em resposta a uma determinada postagem.

Outra etapa essencial da análise conversacional é a **detecção e rastreamento de tópicos**, na qual a repetição de palavras-chave nas postagens de um fórum é indicador de quais assuntos estão em discussão (ALLAYMOUN; TRAUSAN-MATU, 2015). Para tanto, a modelagem de tópicos pode ser adotada para identificar palavras-chave em mensagens de estudantes com o método *Latent Dirichlet Allocation (LDA)*, que define tópicos para capturar a semântica latente em textos, onde cada documento é representado por uma distribuição de probabilidade (*dirichlet*) sobre tópicos ocultos (*latent*), sendo cada tópico descrito por uma distribuição (*allocation*) de palavras autoexplicativas. Assim, o algoritmo que implementa o método LDA, por meio de aprendizado de máquina não supervisionado, ou *unsupervised Machine Learning (ML)*, infere tópicos não observados,

<sup>2</sup> LIWC website: <https://www.liwc.app/>.

<sup>3</sup> Cytoscape website: <https://cytoscape.org/>.



onde não há rótulos que os descrevam, atribuindo palavras a tópicos, nos quais é irrelevante a ordem destas, pela disposição dos termos que aparecem frequentemente juntos em um documento (SCHULTE, 2021).

No contexto desta pesquisa, uma **palavra** ou **termo** representa a unidade fundamental de dados, um **documento** retrata uma mensagem postada por um participante e um **corpus** significa um grupo de documentos que abrange todo o fórum de discussão. Um **vocabulário** é a coleção de todas as palavras distintas dentro de um corpus, e um **tópico** é uma distribuição de probabilidade que abrange um determinado vocabulário.

Outro método relevante de modelagem de tópicos é o *Correlated Topic Model* (CTM), semelhante ao LDA, mas usado para descrever a composição latente de tópicos associados em pares dentro de cada documento em um corpus. Para selecionar um método mais adequado de modelagem de tópicos é necessário considerar parâmetros como a média de palavras por documento. Para ambos os métodos, a variável  $K$  define o número de tópicos a serem gerados. Os parâmetros  $\phi$  e  $\theta$  são vistos como pesos de mistura e caracterizam a probabilidade de importância das palavras para um determinado tópico e a proporção de tópicos dentro de um documento específico, respectivamente. Assim, o algoritmo de modelagem de tópicos calcula  $\phi^{(z)}$  para representar a distribuição multinomial de termos sobre um determinado tópico  $z$ , e calcula  $\theta^{(d)}$  para representar a distribuição multinomial de tópicos sobre um dado documento  $d$  (VAYANSKY; KUMAR, 2020). O software de código aberto Tomotopy<sup>4</sup> suporta a implementação desses métodos, dentre outros.

Conforme a árvore de decisão para selecionar um método de modelagem de tópicos apresentada por Vayansky e Kumar (2020), se a média de palavras por documento for maior ou igual a cinquenta, houver interesse em relações complexas entre tópicos e a quantidade de tópicos for menor que sessenta, é indicado usar o método CTM. Esta pesquisa ratificou a adoção do CTM por meio dos experimentos realizados, apresentados no Capítulo 4.

As etapas de análise conversacional destacadas nesta Seção foram aplicadas nesta pesquisa, inicialmente com o uso das ferramentas descritas, a fim de caracterizar as mensagens com questionamentos de estudantes, identificar as respostas de alunos às postagens de colegas e detectar os principais termos em debate no fórum de discussão, conforme descrito na Seção 3.1

### 2.1.3 Sistemas de Recomendação Educacional

Segundo apontam Zawacki-Richter et al. (2019) ferramentas e serviços baseados em Inteligência Artificial na Educação (IAEd) têm um alto potencial para apoiar estudantes, professores e administradores durante todo o ciclo de vida do aprendiz, podendo apoiá-los no favorecimento da aprendizagem flexível, interativa e personalizada, aliviando os

<sup>4</sup> Tomotopy website: <https://bab2min.github.io/tomotopy>.

docentes de encargos para que eles possam se dedicar mais à sua tarefa principal: o ensino humanizado com mais empatia.

Sistemas de Recomendação Educacional (SREs) são frequentemente desenvolvidos com base em mineração de dados e inteligência artificial, dentre outras tecnologias, com a finalidade de apoiar alunos e professores durante o processo de ensino-aprendizagem. De maneira ampla, a diferença entre os SREs e os demais sistemas de recomendação está na abordagem dos fundamentos educacionais apropriados para o processo de ensino-aprendizagem, que determinam as principais diretrizes para o desenvolvimento desses sistemas. Dentre essas diretrizes é comum que os estudantes tenham autonomia para aceitarem as recomendações, inclusive aquelas com sugestões para se comunicarem com os colegas indicados (YAZDI; CHABOK; KHEIRABADI, 2022).

O foco principal dos Sistemas de Recomendação Educacional (SREs) é apoiar estudantes, professores e administradores a lidarem com o excesso de informação, provendo-lhes recomendações adequadas. Os SREs podem ser classificados de acordo com estes três tipos de abordagem:

- ❑ A filtragem colaborativa, ou *collaborative filtering*, que englobam os SREs relacionados a estudantes com perfis e preferências similares;
- ❑ A filtragem com base em conteúdo, ou *content-based filtering*, é aplicada em SREs que aliam a descrição dos conteúdos educacionais aos perfis de interesse dos alunos;
- ❑ E a filtragem híbrida, ou *hybrid filtering*, em que os SREs combinam os aspectos das filtragens colaborativa e baseada em conteúdo, buscando contemplar de forma ampla os requisitos pedagógicos estabelecidos (GARCIA-MARTINEZ; HAMOU-LHADJ, 2013).

É relevante destacar que nos sistemas de recomendação fundamentados em conhecimento as recomendações são sugeridas com base nos requisitos especificados e não no histórico de interação do estudante (AGGARWAL, 2016).

Sistemas de Recomendação Educacional (SREs) integrados a Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) podem contribuir para a aceleração do processo de aprendizagem, facilitar o acesso a conteúdos educativos e enriquecer esses ambientes (LIU et al., 2019), podendo ainda promover a colaboração entre estudantes (GARCIA-MARTINEZ; HAMOU-LHADJ, 2013). Diversas pesquisas que abordam a integração de SREs e AVAs adotam a mineração de dados educacionais, ou *Educational Data Mining* (EDM), área que adapta algoritmos e métodos da mineração de dados e aprendizado de máquina para os contextos educacionais a fim de revelar conhecimento, mesmo diante da falta de padronização dos dados nesses diversos contextos.

Dentre os eixos de atuação da EDM, destaca-se a etapa de interpretação, avaliação e organização dos resultados, em que os dados resultantes de análises são apresentados

de forma compreensível e acessível a estudantes, professores e administradores em âmbito acadêmico, oferecendo-lhes o suporte para disporem, continuamente, desses dados em benefício do processo de ensino-aprendizagem, o que lhes permite ainda acompanhar a trajetória acadêmica dos alunos (BERLAND; BAKER; BLIKSTEIN, 2014). Dessa maneira, a EDM preconiza que a interpretação dos índices gerados pelos sistemas de recomendação educacional por parte dos seus usuários é fundamental para que adquiram confiança nesses sistemas, e demonstra que os professores e gestores precisam conseguir interpretar os índices apresentados em recomendações, incluindo os gráficos e *dashboards*, sob pena de não poderem fornecer feedbacks significativos aos estudantes (PAZ; CAZELLA, 2018).

O sistema de recomendação educacional desenvolvido no âmbito desta pesquisa, apresentado na Seção 3.4, abordou fóruns de discussão do Moodle, realizando filtragem híbrida para gerar índices e níveis de colaboração e então fornecer recomendações adequadas a estudantes e professores. Para que tais recomendações promovessem efetivamente a aprendizagem colaborativa, foram aplicadas técnicas de mineração de dados educacionais a fim de que fossem suficientemente compreensíveis e acessíveis aos seus destinatários, o que foi progressivamente alcançado nos experimentos realizados, abordados no Capítulo 4, que culminou com a validação e refinamento das estratégias de recomendação (NETO et al., no prelo), cuja versão prévia pode ser lida na Seção D.3.

## 2.2 Trabalhos Relacionados

Combinar a avaliação da colaboração com base na análise da interação e a detecção de tópicos abordados nos fóruns de discussão pode informar sobre a atuação de estudantes na perspectiva de identificar um conjunto de dimensões sociais e cognitivas, marcado pela interação com as pessoas apropriadas sobre o conteúdo adequado (GAŠEVIĆ et al., 2019). A partir disso, sistemas de recomendação educacional podem, por exemplo, fornecer feedback para incentivar o engajamento estudantil na conversa e manter o foco em um aspecto das atividades. Nesse ambiente, os professores podem ainda editar as recomendações para que sejam adequadas a cada situação (TAWFIK; GRAESSER; LOVE, 2020). Ademais, é importante notar que o benefício de medir a qualidade da colaboração para cada estudante, quando divulgada a ele e ao professor, é a possibilidade do reconhecimento de sua contribuição proativa e eficaz ao debate (LYNDALL; ELSPETH, 2015).

Aplicações de IA concebidas para fins pedagógicos são capazes de, dentre outras possibilidades, apoiar a solução de divergências e instigar a reflexão mútua (TAROUCO; SILVEIRA; KRASSMANN, 2018). Para tanto, alguns fatores de aprendizagem colaborativa relevantes para a atuação dessas ferramentas são caracterizados por Hayashi (2019) com relação:

- À eficácia do feedback imediato, mais adequado em tarefas de aprendizagem verbal, e do feedback atrasado, vantajoso na aprendizagem de conceitos porque permite

mais tempo para a metacognição dos estudantes;

- ❑ Ao cuidado para não interromper ou perturbar quando está havendo interações entre estudantes durante suas atividades de aprendizagem;
- ❑ E ao propósito mais voltado para promover interações entre estudantes do que diretamente o desempenho acadêmico deles.

Em aplicações de Inteligência Artificial na Educação (IAEd) processos de classificação têm sido implementados por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, ou *Machine Learning* (ML), que é um subcampo da IA capaz de reconhecer padrões, fazer previsões e aplicar padrões recém-descobertos em situações que não foram incluídas ou cobertas inicialmente. Zawacki-Richter et al. (2019) identificaram, em uma revisão de 58 estudos nessa área, que todos aplicaram métodos de ML para reconhecer e classificar padrões e modelar perfis de estudantes. Para avaliar a precisão dos classificadores, os autores usaram medidas estatísticas que demonstraram a alta capacidade desses métodos para prever o desempenho em um grupo de estudantes a partir da participação deles em discussão on-line.

Dessa maneira, pode-se ainda aplicar um algoritmo de ML em um conjunto dos dados de interação dos estudantes, disponíveis em um AVA, para recomendar a formação de grupos desses alunos em prol da colaboração, alcançando-se melhoria no rendimento estudantil das turmas para as quais as recomendações foram disponibilizadas (MONTE-VERDE et al., 2017). A partir dos dados de interação em fóruns de discussão, usa-se também ML para definir ocorrências de colaboração por estudante, classificadas em três níveis – baixo, médio ou alto, a fim de realizar recomendações que motivem a aprendizagem colaborativa (ANAYA; LUQUE; PEINADO, 2016).

Entretanto, antes de implementar o ML, Pereira, Gomes e Primo (2022a) destacam o design experimental de um sistema de recomendação educacional para incentivar interações entre estudantes, feito com a participação deles. Os resultados apontaram que as recomendações deveriam, dentre outras proposições:

- ❑ Incentivar os estudantes a pedirem ajuda aos colegas e comentarem as suas postagens;
- ❑ Sugerir colegas ou professores para ajudarem a solucionar as dúvidas postadas pelos alunos;
- ❑ Despertar interesse para a colaboração, encorajando comentários quando há novidades e estimulando interações na inexistência destas;
- ❑ E motivar o compartilhamento de opiniões e ideias quanto aos assuntos do componente curricular.

Em um processo participativo de especificação de outro sistema de recomendação educacional, estudantes apontaram a necessidade de retornos mais imediatos aos seus pedidos de ajuda, e os professores destacaram a dificuldade de responder aos pedidos de ajuda e comentários, principalmente quando lidam com várias turmas volumosas, apontando a relevância dos alunos ajudarem os colegas (PEREIRA; GOMES; PRIMO, 2022b). É importante notar que, quando os estudantes postam suas mensagens em fóruns e seus colegas recebem convites para comentá-las, isso resulta em um número menor de tópicos fragmentados e, por outro lado, no aumento de participações por tópico (OLIVEIRA; TINOCA; PEREIRA, 2011).

As recomendações em contexto educacional podem ser classificadas como gerais e personalizadas, sendo as gerais aquelas que são transmitidas para professores e estudantes sem considerar suas especificidades, mas indicando conteúdos e atividades que devem ser destacados. Por outro lado, as recomendações personalizadas levam em consideração as características de cada aluno, aos quais são enviadas sugestões com informações pessoais como, por exemplo, as quantidades de mensagens que postou e quais os tipos (perguntas, retornos), no caso de enfatizar a colaboração. Observa-se que, quando se aplica ML para agrupar estudantes de acordo com suas similaridades (preferências, notas), pode-se especializar algumas recomendações, tanto gerais quanto personalizadas, a fim de oferecê-las em conformidade com os perfis de agrupamento identificados (VERA; GONZÁLEZ, 2022).

Essa revisão de literatura aponta que realizar a recomendação em prol da aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, portanto, começa com a Análise Conversacional (AC) para identificar a colaboração entre os estudantes com base nos textos postados e nos aspectos das interações em cada fórum, trabalho que foi realizado no âmbito desta pesquisa. A partir disso, e com base nos trabalhos correlatos apresentados, foram ainda elaboradas as estratégias de recomendação e, posteriormente, disponibilizadas as recomendações apropriadas por meio de um sistema de recomendação educacional, cuja arquitetura inclui AC e ML, a fim de promover a colaboração entre os alunos, sugerindo que postem questionamentos e comentários acerca dos assuntos abordados nesses fóruns, conforme dissertado no Capítulo a seguir.

---

## EduColab: SRE para Promover a Aprendizagem Colaborativa

Com base em revisão sistemática de literatura publicada (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2020), sugere-se que para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão de um ambiente virtual de aprendizagem é necessária a adoção cíclica dos seguintes estágios:

1. O acesso de leitura às postagens de um fórum, previamente apontado pelo professor para ser monitorado;
2. A Análise Conversacional (AC) desse fórum, cujo resultado gera índices para as postagens;
3. A identificação dos níveis de colaboração, calculados a partir dos índices resultantes da AC;
4. A modelagem de informações dos estudantes e suas postagens, definindo índices para cada estudante;
5. O planejamento da estratégia de recomendação, posteriormente a avaliação e refinamento desta;
6. A transmissão de recomendações apropriadas a estudantes e professores.

Assim, o desenvolvimento do Sistema de Recomendação Educacional (SRE) EduColab, acrônimo de educandos em colaboração, ocorreu como mostrado na Figura 1, que descreve ainda os fluxos arquitetural e de funcionamento desta Tecnologia Educacional (TE).

A aprendizagem colaborativa pode ser observada em fóruns de discussão devido à interação entre estudantes em que ocorre a discussão conjunta de um ou mais tópicos. A fim de motivar a colaboração, são propostos índices para determinar os níveis desta para o fórum monitorado e cada estudante a partir de suas postagens, bem como são

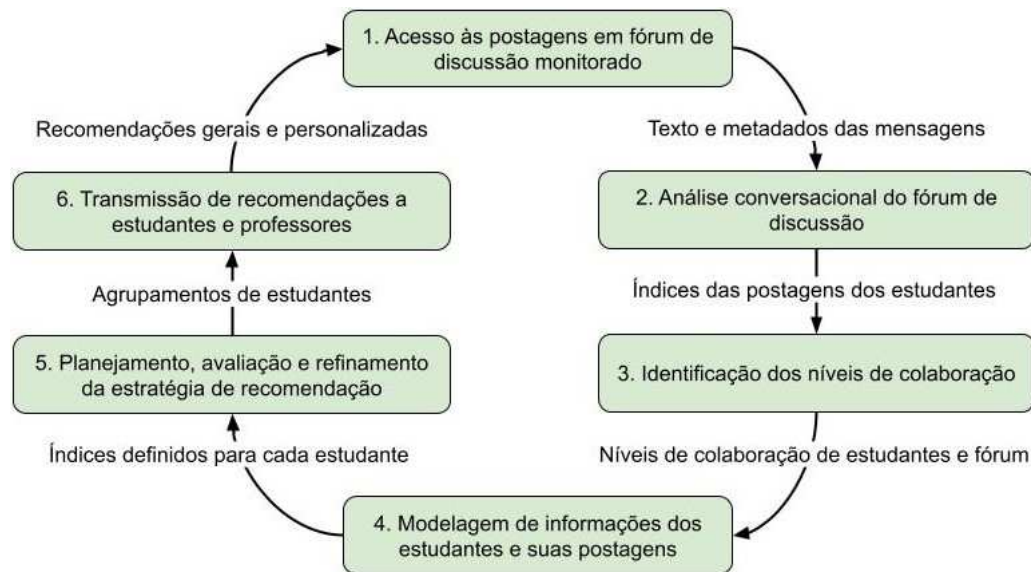


Figura 1 – Estágios para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão

planejadas recomendações que podem aumentar esses níveis sendo necessário, para tanto, desenvolver uma camada de análise conversacional e um mecanismo para disponibilizar essas recomendações de forma apropriada.

### 3.1 Determinando o Nível de Colaboração

A avaliação da colaboração é feita por meio da Análise Conversacional (AC) pela combinação de variáveis para indicar onde e em que nível ocorreu a colaboração entre estudantes em um fórum de discussão (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2022). O **pré-processamento** de fórum é a etapa da AC onde são aplicadas técnicas específicas de PLN como *lematização*, *stemização* e remoção de *stop words*. Cada etapa da AC a seguir, também presente na Figura 2, ocorre a fim de definir um índice a ser calculado por postagem:

- ❑ A **identificação do atributo da mensagem** é onde se caracteriza o tipo da mensagem, determinando o índice *Questioning Characterization (QC)* para definir as postagens com perguntas;
- ❑ O **processamento de recursos** trata do relacionamento entre as mensagens, definindo o *Identification of Students' Interactions (ISI)*;
- ❑ A inferência dos principais termos abordados no fórum ocorre na etapa **detecção e rastreamento de tópicos**, definindo o índice *Main Topic Approached (MTA)*;
- ❑ E a combinação desses três índices determina o nível de colaboração entre os estudantes, ou *Students Collaboration Level (SCL)*.

No Processamento de Recursos ocorre a caracterização da dinâmica social por meio da SNA, na qual é estruturada uma rede por fórum, em que cada nó corresponde a uma postagem, permitindo observar quais estão relacionadas pelas arestas. Após analisar essa rede, a centralidade de grau ponderado, ou *Weighted Degree Centrality (WDC)*, é a soma dos pesos das arestas conectadas ao nó. Nesta pesquisa, o *WDC* caracteriza o número de comentários dos estudantes a uma mensagem, pois o peso de suas postagens é um, enquanto as dos demais interagentes têm peso zero. A quantidade total de retornos a cada mensagem é fornecida pelo *Out-Degree (OD)* que, quando é zero indica que não houve resposta para a postagem dada. O *ISI* caracteriza para cada mensagem a proporção do total de comentários de estudantes (*WDC*) diante da quantidade de retornos (*OD*), o qual é calculado pela fórmula  $ISI = WDC/OD$ , para *OD* maior que zero.

A Identificação do Atributo da Mensagem é a etapa da análise conversacional que permite identificar características das postagens por meio do PLN. Considerando os resultados obtidos pelo LIWC usando o seu dicionário de português, apenas a presença do ponto de interrogação foi eficaz para identificar as questões, ou seja, não foi possível identificar nenhuma mensagem com pergunta sem que a porcentagem de *QMark* fosse maior que zero. Assim o índice *QC* é calculado pela fórmula  $QC = QMark/100$ .

No contexto desta pesquisa, considerando os parâmetros para selecionar um método de modelagem de tópicos abordados na Seção 2.1.2, o método CTM foi aplicado para a Detecção e Rastreamento de Tópicos, que permitiu: (1) identificar o tópico que possui o maior número de palavras no fórum; (2) classificar cada mensagem conforme a proporção de palavras associadas ao tópico identificado; e (3) apontar os termos mais relevantes, componentes desse tópico, em debate no fórum. Desta forma, o *MTA* é o valor da proporção do tópico com maior distribuição de palavras no fórum para cada mensagem, cuja fórmula é  $MTA = \theta^{(d)}$  do maior  $\phi$ .

Por fim, o *SCL* de cada mensagem é formado pela média dos índices anteriores, sendo assim calculado:  $SCL = (ISI + QC + MTA)/3$ . Visando facilitar a leitura, estão apresentados na Tabela 1 esses e os demais índices utilizados nesta pesquisa, na qual o uso de cores busca destacar a relação entre tais índices (azul é relativo ao *QC*, *SIL* e *PSQ*; vermelho ao *MTA*; púrpura ao *ISI*, *PSR* e *SPL*; verde ao *SCL*).



Tabela 1 – Descrição resumida dos índices utilizados

Sigla	Vocábulo	Descrição
<i>ISI</i>	<i>Identification of Students' Interactions</i>	Divisão do total de retornos de estudantes ( <i>WDC</i> ) pela quantidade de respostas ( <i>OD</i> ) para cada mensagem: $WDC/OD$ , para <i>OD</i> maior que zero
<i>QC</i>	<i>Questioning Characterization</i>	<i>QMark</i> é a porcentagem relacionada aos pontos de interrogação em uma postagem: $QMark/100$
<i>MTA</i>	<i>Main Topic Approached</i>	Proporção do tópico com maior distribuição de palavras no fórum para cada mensagem: $\theta^{(d)}$ do maior $\phi$
<i>SCL</i>	<i>Student's Collaboration Level</i>	Média dos índices anteriores, por postagem de estudante: $(ISI + QC + MTA)/3$
<i>PSQ</i>	<i>Percentage of Student's Questions</i>	Porcentagem das mensagens com questionamento pelo total de postagens a cada estudante
<i>PSR</i>	<i>Percentage of Student's Returns</i>	Porcentagem dos retornos a postagens de colegas pelo total de mensagens por estudante
<i>MaxSCL</i>	<i>Maximum SCL</i>	Valor do maior <i>SCL</i> atingido por cada estudante em uma de suas postagens
<i>PSM</i>	<i>Percentage of Student's Messages</i>	Porcentagem de mensagens de cada aluno em relação ao total de postagens feitas pelos estudantes
<i>SIL</i>	<i>Student's Inducement Level</i>	Média de <i>PSM</i> , <i>PSQ</i> e a média do <i>ISI</i> das mensagens de cada estudante: $(PSM + PSQ + ISI_{average})/3$
<i>SPL</i>	<i>Student's Participation Level</i>	Média de <i>PSM</i> , <i>PSR</i> e a média do <i>ISI</i> : $(PSM + PSR + ISI_{average})/3$

É importante destacar que o processamento inteligente dos índices mencionados viabiliza inferências para que sejam disponibilizadas as recomendações apropriadas aos alunos e professores a fim de promover a colaboração entre os estudantes.

## 3.2 Recomendando a Colaboração entre Estudantes

A partir dos índices e níveis de colaboração resultantes da análise conversacional podem ser realizadas recomendações apropriadas para estudantes e professores. O planejamento das estratégias de recomendação foi feito com base em movimentos da estrutura APT, apresentada na Subseção 2.1.2, além de diretrizes de interpretação, avaliação e organização dos resultados da mineração de dados educacionais, e inclui as recomendações com as respectivas questões para avaliação destas, encontrando-se integralmente, em versão final, no Apêndice A. Na Tabela 2 consta o planejamento basilar das recomendações aos estudantes, que na Seção 4.3 são apresentadas de forma refinada.

Tabela 2 – Planejamento basilar das recomendações aos estudantes

Motivação	Foco	Movimento APT	Recomendação: Id; Tipo; Texto	
Motivar a colaboração, por meio de recomendações gerais	Incentivo aos estudantes para iniciarem a participação, enviando mensagem privada pelo AVA	Challenging students (focusing on utterance)	RE00	0 Olá, estudante! Estou realizando uma pesquisa científica que visa enviar recomendações para promover a aprendizagem por meio do debate entre os/as estudantes em fóruns de discussão. Como planejado com a Coordenação, inicie o monitoramento do fórum [IdentificaForum]+[LinkForum] e já envie as primeiras recomendações a alguns dos seus colegas. Gostaria de enviar algumas a você também e por isso o convido a: (1) preencher o documento, disponível no link <a href="https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A">https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A</a> , em que você me permite fazer isso; e (2) postar ao menos uma mensagem nesse fórum. Após análise das mensagens postadas, enviarei dois e-mails com dicas e informações para motivá-lo a expor suas dúvidas e ideias aos colegas, facilitando assim o aprendizado conjunto. Depois de fazer isso algumas vezes durante o período desse fórum, você poderá avaliar, por meio de um breve questionário, o quanto as recomendações foram úteis. Vambora colaborar com a sua turma e ainda participar desta oportunidade científica de aplicação da informática na educação?
	Informação e esclarecimento gerais sobre o que se espera em relação à colaboração	Challenging students	-	1 Olá, estudante! Para colaborar com um(a) colega escolha alguma das seguintes mensagens, clique no seu link e em Responder. Então dê sua opinião sobre o assunto debatido nesta atividade. [Destacar RE01 ou 02, RE03 e RE04]
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	Linking contributions	RE01	1 Você pode responder [LinksRE01] [Lista com links das mensagens com perguntas de estudantes que estão pendentes de resposta de colega, com maiores QC, coluna L, se QC > 0,09 ou há '?' no final, ISI = 0 e MTA > 0]
	Mensagens com os principais termos em discussão	Challenging students	RE02	1 [Caso não tenha havido pergunta, enviar esta mensagem ao invés da anterior] Ainda não há perguntas de colegas a responder! Que tal você postar um questionamento para provocar o debate sobre o assunto desta atividade?
	Mensagens mais debatidas	Linking contributions	RE03	1 Você pode debater [LinksRE03] [Lista com links das 3 outras mensagens de estudante com os maiores MTA, coluna P]
	Encerramento desta mensagem	Challenging students	-	1 Você pode colaborar mais [LinksRE04] [Lista com links das 3 outras mensagens de estudante com os maiores SCL, coluna Q. Caso haja poucas postagens, colocar uma outra opção]
Fornecer, a cada fórum monitorado, informações e sugestões sobre a participação, por meio de recomendações personalizadas	Encerramento desta mensagem	Challenging students	-	1 Caso já tenha feito alguma postagem, você também receberá uma mensagem com informações e sugestões personalizadas.
	Informação e esclarecimento personalizados sobre o que se espera em relação à colaboração	Challenging students	-	2 Olá, [Nome]! Estas são informações sobre sua participação no fórum [IdentificaForum]+[LinkForum] com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas: [Destacar RE05, RE06 e RE07]
	Quantidades de mensagens de cada estudante com aquelas que são perguntas e retornos	Expanding reasoning	RE05	2 De [TotalMensagensEstd] postagem(ns) que fez, em [PorcQuestoesEstd] % havia pergunta(s) e [PorcRetornosEstdColegas] % foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um questionamento ou um comentário sobre o assunto debatido.
	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	Linking contributions	RE06	2 O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é [MediaSCLests] para todo o fórum e o maior valor para as suas mensagens é [MaxSCLestd], que pode aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, sendo melhor ainda se fizer isso em resposta a um (a) colega.
	Principais termos discutidos	Expanding reasoning	RE07	2 Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: [Termo1], [Termo2], [Termo3], [Termo4], [Termo5].
Encerramento desta mensagem	Challenging students	-	2 Antes enviei sugestões de mensagens dos/das colegas que você pode responder, pelo e-mail 'Dicas e informações para aprender colaborando'.	

As cinco primeiras recomendações (RE00 a RE04) foram definidas para serem disponibilizadas aos participantes do fórum de discussão monitorado que consentiram recebê-las, caracterizadas como recomendações gerais. As outras, algumas com informações pessoais acerca das participações no fórum monitorado, foram estabelecidas para serem enviadas por mensagens privadas, identificadas como recomendações personalizadas. Geralmente, quando disponibilizadas pelo ambiente virtual de aprendizagem, este também as encaminha por e-mail.

Nota-se que as recomendações: RE01 e RE02 estão relacionadas ao índice *QC*; RE03 e RE07, ao *MTA*; RE04 e RE06, ao *SCL*; e RE05 está relacionada aos índices *ISI* e *QC*. A RE00 bem como os textos complementares das recomendações visam esclarecer aos estudantes de que maneira podem colaborar entre si no fórum de discussão. De forma semelhante foram planejadas as recomendações personalizadas para professores, a serem enviadas por mensagem privada, visando:

- ❑ Sugerir intervenções, a partir das recomendações gerais, para motivar a participação, priorizando as mensagens que contêm perguntas ainda não respondidas e contemplam os principais termos em discussão, além daquelas com os maiores níveis de colaboração;
- ❑ Informar e sugerir intervenções acerca da quantidade de mensagens dos estudantes com as porcentagens das que são questionamentos e retornos, dos principais termos em debate e dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante, além de mostrar graficamente os comparativos desses índices, quando mensurados periodicamente nas análises do fórum monitorado.

Consta na Tabela 3 o planejamento basilar das recomendações aos professores, no qual: RP01 está relacionada ao índice *QC*; RP02 e RP06 estão relacionadas ao *MTA*; RP03 e RP07, ao *SCL*; RP04 está relacionada aos índices *ISI* e *QC*; e RP00 avisa acerca da necessidade de incentivar os estudantes a participarem, quando não houver nova postagem no prazo predefinido para que isso ocorrer. Os demais textos constituem explicações acerca das recomendações disponibilizadas.

Ainda nas Tabelas 2 e 3 há códigos usados para identificar os tipos de recomendação que descrevem os destinatários e assuntos das mensagens com recomendações, onde:

- ❑ 0 (zero) é o convite para estudantes participarem, cujos destinatários são todos os estudantes da turma que ainda não consentiram o recebimento de recomendações, com o assunto **Convite para aprender colaborando com seus colegas**;
- ❑ 1 (um) identifica as recomendações gerais aos estudantes, cujos destinatários são todos aqueles que consentiram o recebimento de recomendações, tendo o assunto **Dicas e informações para aprender colaborando**;
- ❑ 2 (dois) aponta as recomendações personalizadas a cada estudante que postou no fórum, sendo destinatário cada um que consentiu o recebimento de recomendações, com o assunto **Dicas e informações personalizadas para aprender colaborando**;
- ❑ 4 (quatro) é um aviso para os professores atuantes no fórum, quando não há novas postagens, não havendo portanto como realizar a análise conversacional, cujos destinatários são os professores que consentiram o recebimento de recomendações, com o assunto **Informações e sugestões para promover a colaboração entre estudantes**;
- ❑ 5 (cinco) identifica as recomendações personalizadas aos professores atuantes no fórum, quando há novas postagens, cujos destinatários são os professores que consentiram o recebimento de recomendações, tendo o assunto **Informações e sugestões para promover a colaboração entre estudantes**.



Tabela 3 – Planejamento basilar das recomendações aos professores

Motivação	Foco	Movimento APT	Recomendação: Id; Tipo; Texto	
Motivar a colaboração, caso não haja participação no prazo esperado	Incentivo aos estudantes para participarem, quando não houver nova postagem, considerando a periodicidade predefinida	Wait time	RP00	4 Olá, prezados(as) professores(as)! Enviei as sugestões de participação gerais aos estudantes que consentiram participar. Enviei ainda mensagens personalizadas com informações para cada estudante, mas percebi que não fizeram novas postagens. Considerando que não há novos textos para analisar, talvez queira incentivá-los a postarem algo sobre a(s) atividade(s) que propôs.
Motivar a colaboração, por meio de mensagens personalizadas, tratando das recomendações gerais, postadas no fórum de discussão	Esclarecimento sobre o envio das recomendações gerais	Ensuring equitable participation	-	4 [Caso haja menos de 10% de estudantes da turma que aceitaram participar, enviar esta mensagem ao invés da anterior] Destinatários: [Todos os Professores Participantes que Atuam no Fórum] Assunto: Informação e sugestão para promover a colaboração entre estudantes Olá, prezado(s)/prezada(s) professor(es/as)! Com relação ao monitoramento do fórum de discussão '[Nome Fórum com o Link]', ainda não foi possível enviar e-mail com as recomendações gerais e personalizadas a fim de promover a colaboração entre os estudantes porque há [Qtd Estudantes Participantes] da turma que consentiu(ram) a participação. Ainda dá tempo de participar desta oportunidade científica de aplicação da informática na educação! Peço então que incentive os estudantes a preencherem o TCLE, pelo link <a href="https://forms.gle/aDKGvNbFokIocF4A">https://forms.gle/aDKGvNbFokIocF4A</a> .
			-	5 Olá, prezados(as) professores(as)! Acabo de enviar e-mail aos estudantes com as seguintes recomendações gerais a fim de que respondam as postagens dos colegas no fórum ('LinkFórum') [LinkFórum] [Incluir a mesma recomendação geral 'Dicas e informações para aprender colaborando' enviada (tipo1)] Os critérios para essas sugestões são: [Inserir da RP02 em diante]
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	Maintaining student engagement and motivation	RP01	5 Em 'Você pode responder' sugeri mensagens em que há pergunta relacionada ao assunto em discussão, mas não há resposta de colega. Entretanto, caso não tenham postado pergunta, os incentivei a fazer isso. Nesse sentido, talvez você queira motivar os estudantes a postarem respostas ou questionamentos para a turma.
	Mensagens com os principais termos em discussão	Managing coherence	RP02	5 As mensagens que inclui em 'Você pode debater' são as mais associadas aos principais termos deste fórum. Você pode orientar os estudantes a abordarem melhor o que precisa ser debatido.
	Mensagens mais debatidas	Making what is said intelligible / Ensuring equitable participation	RP03	5 Na lista 'Você pode colaborar mais' sugeri as mensagens de estudantes em que está havendo mais colaboração. Talvez possa incentivá-los a clarear ou aprofundar suas ideias, podendo ainda motivar os demais a participar dessas discussões.
Fornecer informações e sugestões acerca do fórum monitorado, por meio de recomendações personalizadas	Esclarecimento quanto ao envio das recomendações personalizadas e ao que se espera em relação à colaboração	Wait time	-	5 Enviei ainda mensagem privada a cada estudante que consentiu participar com informações sobre a participação dele no fórum monitorado e algumas sugestões para ele colaborar com os colegas. Nesse sentido, fiz recomendações a fim de promover a colaboração entre os estudantes, incentivando-os a postarem questionamentos e comentários acerca dos assuntos abordados. Também elaborei estas recomendações a você(s) com relação à colaboração entre eles: [Próximas recomendações, de RP05 a RP08].
	Quantidade de mensagens dos estudantes com as porcentagens das que são perguntas e retornos	Maintaining student engagement and motivation	RP04	5 Neste fórum há '[QtdMensagensEstds]' mensagens de estudantes, sendo '[PorcPerguntasEstds]%' com perguntas e '[PorcRetornosEstds]%' de retorno às mensagens deles. Esses valores podem ajudar a avaliar o quanto as perguntas e retornos de estudantes contribuíram para a participação deles neste debate.
	Totais de recomendações feitas	Wait time	RP05	5 Para este fórum foram enviadas '[QtdRecomendacoesEstdnt]' mensagens com recomendações para estudantes e '[QtdRecomendacoesProf]' para professor(es), além daquelas gerais enviadas anteriormente. Desta maneira, você pode avaliar se é necessário solicitar ajustes na quantidade de recomendações enviadas para estudantes ou professor(es).
	Principais termos discutidos	Managing coherence	RP06	5 Os principais termos usados neste fórum foram: '[Termo1]', '[Termo2]', '[Termo3]', '[Termo4]', '[Termo5]'. A partir disso, você pode avaliar se esses termos estão relacionados com o conteúdo curricular abordado, e, se for o caso, pode sugerir algum outro assunto que os estudantes precisam abordar.
	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	Ensuring equitable participation	RP07	5 Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é(s) a(s) média(s) desse nível neste fórum: [DataAnalise] [MediaSCLEstds] ... A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, aumentando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Para cada estudante a seguir consta o maior valor para o nível de colaboração dentre as mensagens de cada um. Considerando isso, você pode comparar a participação destes estudantes neste fórum: [Nome], [MaxSCLEstd] ... Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda nos solicitar esclarecimentos ou ajustes na estratégia de cálculo do nível de colaboração.
	Encerramento desta mensagem	Wait time	-	5 Atenciosamente.

Na Seção 4.2 são apresentados exemplos de recomendações gerais e personalizadas, além das questões de avaliação disponibilizadas aos participantes dos experimentos.

### 3.3 Agrupando Estudantes para Avaliar e Refinar Recomendações

Nesta seção é apresentado um procedimento de aplicação do aprendizado de máquina não supervisionado em índices resultantes da análise conversacional, como aqueles descritos na Tabela 1. Na sequência, define-se como foi feito o refinamento das recomendações a fim de especializá-las de acordo com cada agrupamento obtido do aprendizado de máquina.

Considerando-se os apontamentos apresentados na Seção 3.1, foram aplicados algoritmos K-Means para gerar dois e três agrupamentos a partir dos índices e *SCL*. Os resultados iniciais do *KMeans* da biblioteca Python *sklearn.cluster* foram inicialmente inconsistentes, principalmente pela disparidade de valores das porcentagens de questionamentos e retornos, ou *Percentage of Student's Questions (PSQ)* e *Percentage of Student's Returns (PSR)*. Isso ocorre quando a configuração do fórum permite que os estudantes criem seus próprios tópicos de discussão, não sendo compulsório postar retorno aos demais participantes, o que resulta em diversos valores iguais a zero. Por outro lado, quando não se pode criar esses tópicos, frequentemente ocorrem valores de *PSR* bem superiores aos demais índices para os estudantes que postam retornos aos colegas.

A aplicação do K-Means levou então à revisão dos índices, a partir da qual foram testados vários outros, culminando com a formação de dois, levando-se em consideração a porcentagem das mensagens do estudante em relação ao total de postagens dos alunos no fórum, ou *Percentage of Student's Messages (PSM)*, constituídos da seguinte maneira:

- Nível de provocação do estudante, ou *Student's Inducement Level (SIL)*, passando a considerar não apenas os questionamentos postados pelo estudante (*PSQ*), mas também as suas postagens (*PSM*) e a média dos retornos de colegas que estas provocaram (*ISI average*);
- Nível de participação do estudante, ou *Student's Participation Level (SPL)*, incluindo além dos retornos postados pelo estudante (*PSR*), as suas postagens (*PSM*) e a média dos retornos que estas obtiveram de colegas (*ISI average*).

Os índices *PSQ* e *PSR* foram, portanto, substituídos pelo *SIL* e *SPL*, de maneira que os valores destes fossem superiores a zero, o que permitiu obter resultados com melhor distribuição de estudantes a partir do K-Means. Para fins de comparação foram calculadas ainda as médias dos índices por agrupamento e o desvio padrão para cada índice. Ao comparar os resultados de dois e três agrupamentos a partir dos quatro índices mencionados (*SIL*, *SPL*, médias do *MTA* e *SCL*), percebeu-se que a aplicação do K-Means sem a média do *SCL* permitiu a interpretação de agrupamentos conceitualmente claros, considerando que os demais índices (*SIL*, *SPL* e *MTA average*) fazem parte, diretamente

ou não, do seu cálculo, tornando frequentemente o *SCL average* o índice preponderante na formação dos agrupamentos. Destaca-se que a preponderância de um índice acontece para aquele com o maior desvio padrão.

Dessa forma, por meio de experimentação e interpretação qualitativa, verificou-se que a aplicação do K-Means para formar três agrupamentos a partir dos índices *SIL*, *SPL* e *MTA average* produziu os resultados considerados consistentes.

Verificou-se ainda que a participação dos estudantes no início de um fórum de discussão pode ser diminuta, sendo necessário que ao menos cinco deles tenham feito postagens para que seja viável gerar três agrupamentos. Ainda assim, nos experimentos houve caso em que apenas um destes foi obtido, pois no estágio inicial do fórum podem ocorrer postagens muito semelhantes, resultando em índices idênticos. Portanto, caso não haja participação de ao menos cinco alunos, a análise do fórum não deve incluir a aplicação do K-Means. Além disso, essa aplicação, quando ocorrer, deve retornar ao menos dois agrupamentos.

A distribuição dos estudantes em três agrupamentos revelou grupos com desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior, considerando-se as médias do índice preponderante por agrupamento (*SIL*, *SPL* ou *MTA average*). Comparando-se essas médias, houve caso em que a diferença entre dois desses desempenhos foi insignificante, sendo necessário então reconsiderar os estudantes de ambos os grupos como constantes apenas naquele com desempenho inferior. Com base em diversas comparações realizadas, considera-se que a diferença entre essas médias deve ser superior a 10% para ratificar a distribuição obtida por meio de aprendizado de máquina em dois agrupamentos. Caso contrário, os alunos devem ser reunidos em apenas um.

A partir da obtenção de agrupamentos consistentes, a estratégia de recomendação pode ser avaliada e refinada, caso tenha ocorrido a transmissão de recomendações em análise anterior do fórum de discussão. Tal avaliação é iniciada pela identificação do tipo de envio para cada estudante, considerando que:

- Há aqueles que não consentiram o envio, ou seja, as recomendações não foram transmitidas para eles, sendo assim associados ao código de envio 0 (zero);
- Há os que consentiram o envio, mas não participaram do fórum até o momento da análise, para os quais foram enviadas apenas as recomendações gerais, recebendo assim o código de envio 1 (um);
- Os estudantes que consentiram o envio e participaram do fórum são associados ao tipo de envio 2 (dois), para os quais foram enviadas recomendações gerais e personalizadas.

Calcula-se ainda as porcentagens dos tipos de envio de recomendação por agrupamento de estudantes. Dessa forma, é possível avaliar a efetividade da estratégia de recomendação

realizada comparando o desempenho colaborativo de cada agrupamento com essas proporções. A efetividade dessa estratégia é revelada quando os maiores percentuais dos tipos de envio 1 e 2 ocorrem nos agrupamentos com desempenhos colaborativos intermediário e maior, respectivamente.

A partir da avaliação da estratégia de recomendação é possível rever o planejamento desta de maneira a especializar as recomendações para cada agrupamento de acordo com o desempenho colaborativo. Em conformidade com a estrutura APT, abordada na Subseção 2.1.2, pode-se refinar as recomendações relativas ao índice preponderante de modo que:

- ❑ Para o agrupamento com menor desempenho colaborativo sejam reelaboradas as recomendações relativas a tal índice a fim de que passem a desafiar os estudantes no sentido de participarem mais, sugerindo que exponham suas opiniões, forneçam exemplos ou esclarecimentos;
- ❑ Ao agrupamento com desempenho colaborativo intermediário as recomendações sejam voltadas para aprofundar o debate, incentivando os estudantes a acrescentarem evidências, referências, opiniões convergentes ou divergentes em resposta às postagens dos colegas;
- ❑ Não sejam enviadas as recomendações relativas ao índice preponderante para o agrupamento com maior desempenho colaborativo, caso sua média para esse índice seja superior a 10% em relação à média do grupo com desempenho intermediário. Caso não seja, devem ser disponibilizadas para esse agrupamento as mesmas recomendações enviadas ao anterior.

Com base nessas propostas de avaliação e especialização, na Seção 4.3 são apresentados a avaliação da estratégia de recomendação e os refinamentos das recomendações realizados nesta pesquisa.

### 3.4 Apresentando o SRE EduColab

Este Sistema de Recomendação Educacional (SRE) foi desenvolvido em Python a fim de implementar as funcionalidades relativas à camada de análise conversacional, visando identificar os níveis de colaboração com base nas mensagens dos estudantes, e para disponibilizar as recomendações a estudantes e professores, de acordo com a estratégia preestabelecida. A maioria das ferramentas, descritas na Seção 2.1, não foram incluídas nos códigos, tendo havido a programação das suas funcionalidades necessárias, exceto o Tomotopy, que foi implementado para realizar a modelagem de tópicos por meio do método CTM.

A partir da identificação do nível de colaboração entre estudantes em fóruns de discussão e do planejamento da estratégia de recomendação, foram feitos os experimentos, antes

e após a qualificação desta pesquisa, que viabilizaram o desenvolvimento de um sistema de recomendação educacional adequado ao contexto acadêmico encontrado nas instituições de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) coparticipantes, conforme explicitado no Capítulo 4.

O sistema de recomendação educacional EduColab foi, dessa forma, sendo implementado para disponibilizar as recomendações aos estudantes e professores participantes dos fóruns de discussão que estão em monitoramento. Nesse sentido, adota procedimentos para: (1) determinar os índices e níveis de colaboração; (2) disponibilizar recomendações apropriadas a estudantes e professores; e (3) avaliar e refinar a estratégia de recomendação a partir de agrupamentos de estudantes, conforme descrito nas Seções 3.1, 3.2 e 3.3, respectivamente.

Percorrendo todos os estágios apresentados na Figura 1, o que caracteriza os seus seis módulos, o EduColab realiza as atividades que constam na Figura 2, onde aquelas amareladas são atividades executadas a partir das interações com usuários e as azuladas são atividades referentes a requisitos desejáveis, implementados após os essenciais, sendo estes relativos a todas as outras atividades.

Sintetizando as atividades constantes na Figura 2, para iniciar o monitoramento de um fórum de discussão é necessário que o professor:

- No Moodle: (1) adicione a atividade Fórum; (2) inicie o debate, postando o primeiro tópico de discussão; (3) obtenha o arquivo XLSX com a lista de estudantes;
- No EduColab: (4) cadastre o fórum de discussão a ser monitorado, fornecendo o arquivo XLSX obtido do Moodle com a lista apenas de estudantes;
- Periodicamente, sempre que quiser disponibilizar as recomendações a estudantes e professores, (5) exporte o fórum no Moodle e (6) forneça o arquivo XLSX obtido ao EduColab.

Dessa maneira, cada novo ciclo de recomendação é iniciado quando o arquivo do fórum de discussão é exportado no Moodle e fornecido ao sistema de recomendação educacional, sendo melhor que isso ocorra ao final de cada período definido pelo professor para que os estudantes façam suas postagens. Assim, é iniciada a análise do fórum, na qual, caso não haja nova postagem de estudante, são definidas as recomendações para incentivar a participação (RE00 e RP00). Se houver nova postagem de aluno são realizadas as atividades da análise conversacional.

Ainda conforme as atividades destacadas na Figura 2, após o cálculo dos índices e níveis de colaboração, são identificadas as recomendações gerais, considerando-se estes parâmetros:

1. As mensagens com perguntas de estudantes que estão pendentes de resposta de colega, caso existam, sendo aquelas com maiores  $QC$ s, se  $QC > 0,09$  ou há '?' no



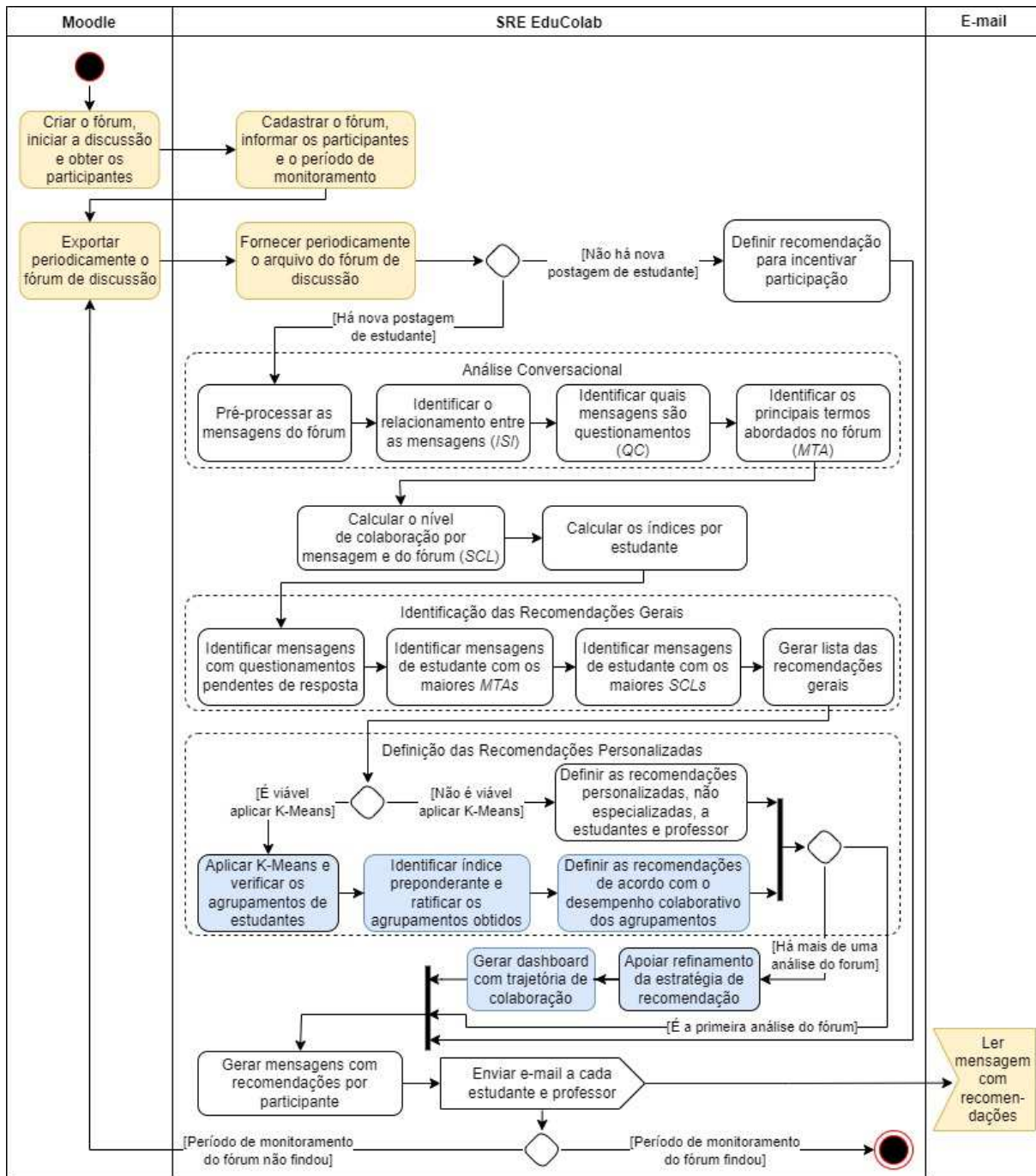


Figura 2 – Diagrama de Atividades do SRE EduColab

final da postagem, parâmetros ajustáveis para caracterização de pergunta,  $ISI = 0$  e  $MTA > 0$ ;

2. Outras três mensagens de estudante com os maiores  $MTAs$ ;
3. Três mensagens de estudante com os maiores  $SCLs$ , excetuando-se as anteriores.

Considerando essa classificação, o sistema de recomendação educacional EduColab disponibiliza as recomendações gerais, contendo essas mensagens com os seus respectivos

links (RE01, RE03 e RE04). Caso não tenha havido qualquer mensagem com pergunta de estudante, ao invés desta (RE01) há um aviso (RE02) que desafia os alunos a postarem um questionamento.

Para definir as recomendações personalizadas o EduColab verifica a viabilidade de aplicação do K-Means nos índices resultantes da análise conversacional. Caso não seja viável, as recomendações são definidas conforme os planejamentos basilares da estratégia de recomendação, disponibilizando assim as recomendações gerais (RE01 ou RE02, RE03 e RE04) e personalizadas (RE05 a RE07 e RP01 a RP07). Se for viável aplicar o K-Means, as recomendações são especializadas por agrupamento de estudantes, conforme consta nas Seções 3.3 e 4.3.

Antes de gerar e enviar as mensagens com recomendações, conforme consta na Figura 2, caso haja mais de uma análise do fórum de discussão que está sendo monitorado, a estratégia de recomendação pode ser avaliada e refinada, especializando as recomendações em função dos agrupamentos obtidos com a aplicação do aprendizado de máquina. Nesse caso, o sistema de recomendação educacional EduColab disponibiliza também gráficos com comparativos de alguns índices e níveis de colaboração, tanto para estudantes, em recomendações personalizadas, quanto para professores, na opção **Panorama do fórum**.

O EduColab é uma aplicação web, cuja interface gráfica foi desenvolvida usando o Streamlit<sup>1</sup>, *framework* de código aberto voltado para cientistas de dados colocarem em produção seus projetos. A Figura 3 apresenta a tela para inclusão de um fórum de discussão, que pode ser alterada quando o professor clica em **Escolher outra opção**, onde então é possível selecionar **Analisar fórum**, **Panorama do fórum** ou **Ajuda**, além de poder voltar para **Incluir fórum**.

---

<sup>1</sup> Streamlit website: <https://streamlit.io/>.

## Incluir fórum de discussão a ser monitorado

Nome completo do professor

E-mail do professor


Identificação do fórum

Link do fórum (URL)

Informe a data para iniciar o monitoramento

Informe a data para finalizar o monitoramento

Forneça o arquivo XLSX com a lista de estudantes exportada do Moodle

 Drag and drop file here  
Limit 200MB per file • XLSX

Visualizar a lista de estudantes

Figura 3 – Tela do SRE EduColab para inclusão de um fórum de discussão

Exemplos de recomendações gerais e personalizadas estão disponíveis na Seção 4.2. Entretanto, após a realização dos experimentos e aplicação do aprendizado de máquina nos índices e níveis de colaboração resultantes da análise conversacional, foram implementadas as atividades, também descritas na Figura 2, para quando houver mais de uma análise do fórum de discussão monitorado, cujos exemplos constam na Seção 4.3.

---

## Experimentos e Análises dos Resultados

No âmbito desta pesquisa, cinco ciclos de experimentos foram realizados, tanto em cursos ofertados presencialmente quanto a distância, com a participação de estudantes adultos, havendo, para tanto, as devidas aprovações dos Comitês de Ética em Pesquisa das diferentes instituições de EPT coparticipantes, cujo Protocolo de Pesquisa é identificado pelo CAAE 46614121.4.0000.5152. Todos os experimentos foram relevantes ao amadurecimento dos estágios necessários para promover a colaboração entre estudantes em fóruns de discussão, evidenciados na Figura 1. Entretanto, em nenhuma experimentação foi avaliada a estratégia de recomendação após a aplicação de aprendizado de máquina.

Nas próximas Seções 4.1, 4.2 e 4.3 são apresentados os experimentos realizados e respectivos resultados obtidos, não apenas descrevendo o modelo conceitual, mas também mostrando aspectos relevantes das suas implementações.

### 4.1 Ensaio Dedicado à Identificação da Colaboração entre Estudantes

Para a preparação dos experimentos um conjunto de dados foi obtido por meio da leitura via SQL do Banco de Dados (BD) de um ambiente virtual de aprendizagem do Centro de Educação Profissional Escola Técnica de Ceilândia (CEP-ETC)<sup>1</sup>, uma escola pública de EPT do DF, a partir do qual foram ofertados dois cursos técnicos em administração e informática Integrados à Educação de Jovens e Adultos (PROEJA) a distância. Tais dados foram acessados, em janeiro de 2016, a fim de concluir a pesquisa de Mestrado em Educação, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Faculdade de Educação (FE) da UnB<sup>2</sup> denominada Desenvolvimento de um Modelo de Mineração de Dados Educacionais para Identificar Ocorrência de Colaboração Online (MORAES-NETO; TELES; VASCONCELOS, 2018).

---

<sup>1</sup> CEP-ETC/Cursos técnicos a distância website: [http://www.etcvirtual.se.df.gov.br/site/?page\\_id=56](http://www.etcvirtual.se.df.gov.br/site/?page_id=56)

<sup>2</sup> UnB/FE/PPGE website: <https://fe.unb.br/index.php/pos-grad/home-ppge>.

Tendo obtido 20.976 mensagens, das quais 15.703 postadas por estudantes com média de palavras igual a 82,7 por postagem, foram inicialmente utilizadas, a partir de 2019 no âmbito desta pesquisa de doutorado, as ferramentas necessárias para identificar a colaboração entre estudantes, conforme definido na Seção 2.1. Por exemplo, com a plataforma CytoScape foi possível registrar as interações entre os estudantes, como pode ser visto na Figura 4, que contém um grafo com um dos três tópicos de discussão do fórum iniciado pela postagem 29445, cujas arestas representam retornos de estudantes, destacadas em vermelho por terem peso 1, e de professores, que têm peso zero. Os códigos de identificação das postagens no ambiente virtual de aprendizagem aparecem nos vértices.

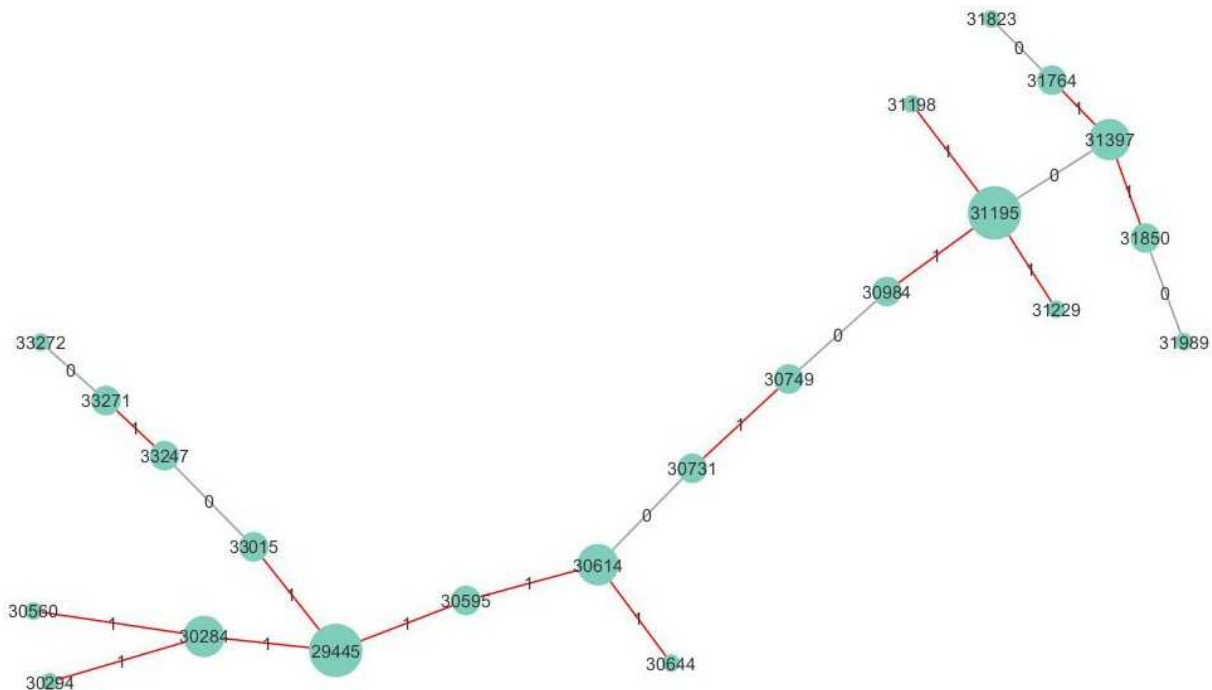


Figura 4 – Tópico de discussão do fórum iniciado pela postagem 29445

A partir da adoção das ferramentas necessárias para identificar a colaboração entre estudantes foi possível definir:

1. A modelagem de dados relativa aos fóruns do Moodle;
2. O funcionamento das ferramentas necessárias para inicialmente realizar a Análise Conversacional (AC), quais sejam LIWC, CytoScape e Tomotopy, abordadas na Seção 2.1;
3. As estruturas de dados resultantes da camada de AC;
4. Os procedimentos para calcular os índices e os níveis de colaboração entre os estudantes;

5. O planejamento da estratégia de recomendação a alunos e professores com a finalidade de promover a colaboração entre estudantes.

Considerando o planejamento das estratégias de recomendação para alunos e professores, descrito na Seção 3.2 e que consta integralmente no Apêndice A, foram elaborados ainda os questionários para discentes e docentes avaliarem aquelas que receberam. Dessa forma, foi estabelecida uma abordagem metodológica de análise conversacional para identificar a colaboração entre estudantes e realizar recomendações, considerando diretrizes de interpretação, avaliação e organização dos resultados da mineração de dados educacionais, a fim de promover tal colaboração, tornando viável a realização dos experimentos seguintes. Os principais aspectos dessa abordagem metodológica estão registrados no Apêndice B.

## 4.2 Experimentos Voltados para a Prova de Conceito

Foram realizados dois experimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), após a aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo seu Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), para os quais foram convidados quinze estudantes dos componentes curriculares Arquitetura de Computadores e Atividade de Extensão II do curso presencial Bacharel em Ciência da Computação. Catorze estudantes e o professor, atuantes em duas turmas, participaram desta pesquisa. Para cada turma um fórum de discussão foi monitorado de maneira a: analisar as 33 postagens obtidas por meio da funcionalidade **Exportar** na **Administração do fórum** do Moodle; e sugerir recomendações para promover a colaboração entre os estudantes. Assim ocorreu e foi publicada a prova de conceito da pesquisa (MORAES-NETO et al., 2022).

Inicialmente foram realizadas reuniões com o professor no sentido de apresentar a pesquisa e definir atividades acadêmicas condizentes com os planejamentos de aulas previamente definidos, abordando os conteúdos curriculares preestabelecidos. Então, foi definida uma atividade para cada turma, usando o fórum de discussão no ambiente virtual de aprendizagem do IF Goiano. Considerando ainda a dinâmica das aulas, foram estabelecidas três fases para disponibilizar as recomendações aos participantes, além da data para responderem o questionário a fim de avaliá-las.

Os participantes puderam acessar tanto as recomendações disponibilizadas no mesmo fórum onde foi realizada a atividade quanto as que receberam por mensagens personalizadas enviadas pelo ambiente virtual de aprendizagem, que também as encaminhou por e-mail. Portanto, para cada turma, as recomendações gerais foram postadas no tópico de discussão **Dicas e informações para aprender colaborando**, no qual, além das três postagens planejadas, uma a cada fase, foi necessária uma inicial a fim de motivar a participação dos estudantes, cujo conteúdo:

1. Explicava a importância do fórum para debater dúvidas e ideias sobre a atividade final da disciplina, podendo facilitar sua elaboração;
2. Convidava a escrever a primeira mensagem em resposta ao tópico postado pelo professor;
3. Esclarecia que a partir dessas respostas seriam analisadas as postagens a fim de oferecer informações e sugestões para ajudar a aprender mais enquanto debatia com os colegas; e
4. Avisava que, ao final, poderia avaliar, por meio de um questionário, o quanto as recomendações foram úteis.

Os dados obtidos nos fóruns<sup>3</sup> estão organizados em colunas como as *id*, *parent* e *userid*, que correspondem respectivamente aos identificadores únicos: da mensagem; da mensagem anterior respondida, caso haja; e do usuário que postou. Esses identificadores permitem caracterizar a rede de interações, a partir dos quais foi definido para cada mensagem:

1. Se esta pertencia ou não a um estudante, sendo 1 caso pertencesse;
2. Os índices *QC*, *ISI* e *MTA*;
3. E o *SCL* apenas quando fosse de estudante, conforme consta na Tabela 4, na qual NA refere-se à postagem de professor, em que não se aplica o cálculo do nível de colaboração do estudante. Um exemplo mais completo de cômputo dos índices e nível de colaboração por postagem e por estudante para um fórum encontra-se no Apêndice C.

Tabela 4 – Cálculo dos índices e do nível de colaboração do estudante por postagem

<i>id</i>	LIWC	Cytoscape	Tomotopy	Índices e <i>SCL</i>					
	QMark	Degree	$\theta^{(d)}$	<i>QC</i>	OD	WDC	<i>ISI</i>	<i>MTA</i>	<i>SCL</i>
121080	3	7	0,135	0,03	6	6	1	0,135	NA
121392	0	1	0,045	0	0	0	0	0,045	0,015
122659	0	1	0,247	0	0	0	0	0,247	0,082
122729	0	2	0,296	0	1	1	1	0,296	0,432
122910	0	1	0,100	0	0	0	0	0,100	0,033

Com esses resultados, as recomendações gerais foram postadas a fim de destacar as mensagens de estudantes que os colegas poderiam interagir, como está na Figura 5, onde não há mensagem que poderia ser respondida porque os estudantes não postaram perguntas.

<sup>3</sup> Exemplo de extração do fórum de discussão 366272: <https://cutt.ly/nLGMrrR>.

**Olá, estudante!**

**Você pode debater**

- 1) As atividades de planejamento poderiam ser melhoradas partindo da adoção de uma...
- 1-O planejamento das aulas está bom....
- 1) As reuniões de planejamento das aulas deveriam acontecer antes e depois que as aulas...

**Você pode colaborar mais**

- 1) Disponibilizando atividades praticas com o nível destas atividades em constante...
- 1) Acho que poderíamos criar desafios durante as aulas e criar grupos de alunos, formados...
- 1) As atividades de planejamento podem ser melhoradas a divisão do conteúdo por aula e...

Figura 5 – Recomendação geral postada no fórum

Para as recomendações personalizadas foram definidos os valores relativos a cada estudante como ao que se refere a Tabela 5, tendo efetuado quatro postagens, às quais foram definidas respectivamente: a média do *SCL*; o *SCL* máximo; as quantidades e as porcentagens de mensagens em que havia pergunta; e daquelas em que respondeu a um colega.

O estudante referido na Tabela 5 recebeu, na fase final, uma mensagem com as recomendações correspondentes às três últimas apresentadas na Tabela 2, da RE05 à RE07, como esta: “Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: aula, planejamento, atividade, aluno, desafio.”

Tabela 5 – Valores definidos para um estudante

<i>userid</i>	<i>Total messages</i>	<i>SCL average</i>	<i>Maximum SCL</i>	<i>Num.of questions</i>	<i>Perc.of questions</i>	<i>Num.of returns</i>	<i>Perc.of returns</i>
11090	4	0,018	0,033	0	0%	1	25%

Ainda nessa fase, o professor recebeu uma mensagem com quatro recomendações relativas à: (1) quantidade de mensagens dos estudantes com as porcentagens das que eram perguntas e retornos; (2) totais de recomendações feitas; (3) principais termos discutidos; e (4) outra que sugeriu “Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, abaixo estão listadas as médias desse nível neste fórum: 24/06/22, 0,075; 20/06/22, 0,052; 13/06/22, 0,082. A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Para cada estudante  $i$ , identificado por uma  $Id_i$ , consta o maior valor para o nível de colaboração dentre as mensagens dele, considerando isso você pode comparar a participação dos estudantes no fórum:  $[Id_1]$ , 0,112;  $[Id_2]$ , 0,082;  $[Id_3]$ , 0,122;  $[Id_4]$ , 0,059;  $[Id_5]$ , 0,033;  $[Id_6]$ , 0,432;  $[Id_7]$ , 0,036.”



Ao final, foi disponibilizado um formulário aos estudantes<sup>4</sup> e outro ao professor<sup>5</sup> a fim de que avaliassem as recomendações. As seguintes afirmações compuseram a avaliação dos estudantes:

- (Q1) A mensagem inicialmente postada que convidava os estudantes a iniciarem a participação no fórum me estimulou a postar a minha primeira mensagem;
- (Q2) Avalio que o assunto abordado em uma mensagem da lista **Você pode debater** me motivou a postar outra mensagem no fórum;
- (Q3) Decidi postar um comentário a uma mensagem porque estava na lista **Você pode colaborar mais**;
- (Q4) A informação das quantidades de perguntas e de comentários que eu fiz contribuiu para aumentar a minha participação neste fórum;
- (Q5) A indicação da média do nível de colaboração deste fórum e do maior valor desse nível dentre as minhas mensagens me motivou a fazer nova postagem;
- (Q6) A indicação da média do nível de colaboração deste fórum e do maior valor desse nível dentre as minhas mensagens me incentivou a postar ao menos um comentário à mensagem de um colega;
- (Q7) A indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos no fórum me ajudou a postar mensagem com referência ou evidência sobre o assunto debatido;
- (Q8) Postei uma mensagem no fórum com base na indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos;
- (Q9) A indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos me ajudou a participar do fórum.

Cada uma dessas afirmações foi respondida pelos participantes utilizando-se uma escala Likert de cinco níveis (LIKERT, 1932), sendo eles: (1) Discordo totalmente; (2) Discordo parcialmente; (3) Não concordo nem discordo; (4) Concordo parcialmente; e (5) Concordo totalmente. Usando escala Likert semelhante, outras duas assertivas finais avaliaram a percepção geral acerca das recomendações recebidas, uma relacionada à relevância destas para o aprendizado dos estudantes (Q10), e outra acerca da quantidade (Q11).

O objetivo desses experimentos foi realizar as recomendações a partir dos índices estabelecidos para definir o nível da colaboração entre os estudantes, conforme o planejamento

<sup>4</sup> Questionário de avaliação pelo estudante: <https://form.jotform.com/221718127492053>.

<sup>5</sup> Questionário de avaliação pelo professor: <https://form.jotform.com/212705570565658>.

destas apresentado na Seção 3.2. A fim de verificar se tal objetivo foi alcançado, os participantes avaliaram as 56 recomendações disponibilizadas, sendo para cada turma 4 gerais, 21 personalizadas para os estudantes e 3 para o professor. A análise apresentada nesta seção ocorreu a partir dos índices, tanto de forma quantitativa quanto qualitativa.

Os resultados relativos às questões 1 até 9 constam na Figura 6. A avaliação da Q1, relativa à contribuição da recomendação inicial para convidar os estudantes a iniciarem a participação no fórum de discussão, obteve 43% de concordância parcial e 21% de total.

Tendo em vista que os estudantes não postaram perguntas, o índice  $QC$  não foi diretamente avaliado e a avaliação relativa ao índice  $ISI$ , que envolveu a resposta da questão Q4, foi parcialmente afetada, pois 43% avaliaram de forma neutra, mas ainda assim 43% concordaram parcialmente e 7% totalmente com a contribuição da recomendação que informou acerca das quantidades de perguntas e de comentários feitos pelo estudante no sentido de aumentar a sua participação no fórum monitorado.

A avaliação atinente ao índice  $MTA$  envolve diretamente as questões 2, 7, 8 e 9, cujos resultados, ainda na Figura 6, apontam para a concordância com relação às recomendações que indicaram os principais termos em discussão. 50% dos estudantes concordaram nas Q2 e Q8 que postaram uma mensagem no fórum com base na indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos, no caso da Q2 o fizeram a partir de mensagem da lista **Você pode debater**. Nas Q7 e Q9, para 78% tal indicação os ajudou a participar do fórum, com referência ou evidência sobre o assunto debatido no caso da Q7.

Os resultados das demais questões que estão na Figura 6 são aquelas relacionadas ao  $SCL$ , cuja avaliação das recomendações abordaram o nível de colaboração entre os estudantes. Apenas 35% deles concordaram com as sugestões de postar comentários às mensagens de colegas na Q3. Conforme a Q6, para 36% a recomendação, com indicação da média do nível de colaboração do fórum e do maior  $SCL$  dentre as mensagens individuais, incentivou a postar ao menos um comentário à mensagem de um colega. Entretanto, no caso da Q5, essa mesma indicação motivou 64% dos estudantes a fazerem uma nova postagem, sendo a recomendação melhor avaliada para o  $SCL$ .

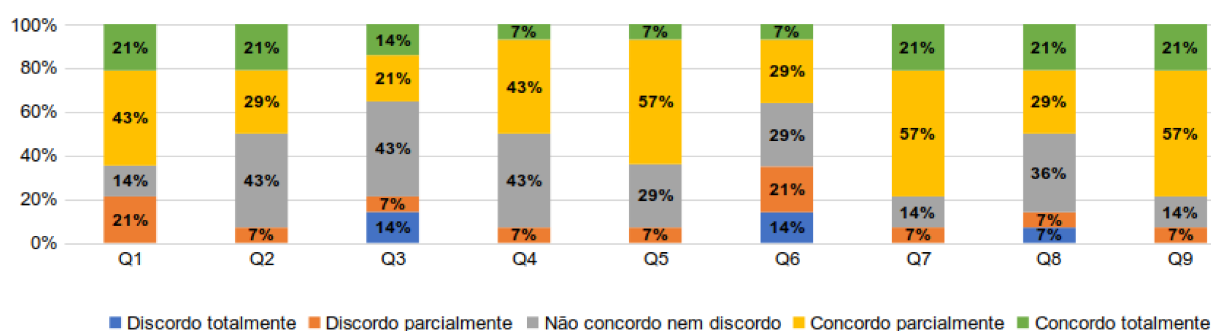


Figura 6 – Avaliação das recomendações relativa às questões 1 a 9

Dentre as questões feitas para os participantes indicarem a percepção geral acerca das

recomendações recebidas, a Q10 indicou que a relevância destas para o aprendizado dos estudantes foi positiva, conforme consta na Figura 7, e a Q11 apontou que a quantidade disponibilizada foi suficiente para 57%.

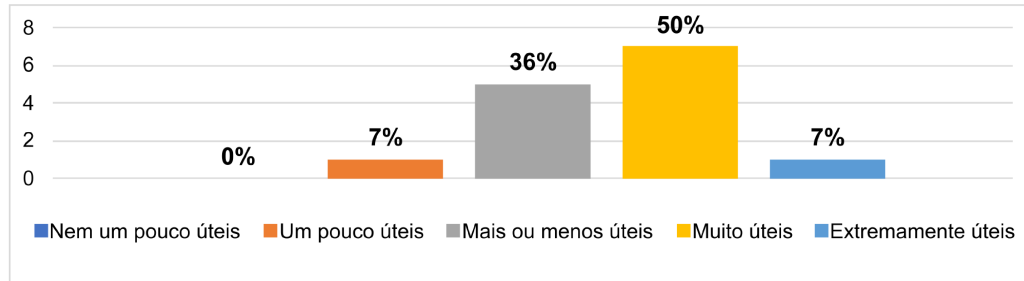


Figura 7 – Relevância das recomendações para a aprendizagem (Q10)

As correlações entre as questões também foram analisadas, com auxílio do Jamovi<sup>6</sup>, conforme está na Tabela 6, cujos resultados evidenciam onze associações as quais, de maneira geral, sugerem que as recomendações motivaram a fazer nova postagem e comentar a postagem de um colega no fórum de discussão, com a abordagem dos termos mais debatidos. Pode-se ainda destacar que a correlação entre:

- ❑ Q3 e Q5 sugere fortemente que as recomendações para colaborar mais e indicar o *SCL*, tanto do fórum quanto o das próprias mensagens, incentivou a fazer nova postagem;
- ❑ Q5 e Q6 sugere fortemente que conhecer o nível de colaboração instigou tanto a postar nova mensagem quanto a comentar a postagem de um colega; e
- ❑ Q8 e Q9 aponta que saber dos termos mais debatidos ajudou a participar do fórum.

Os resultados apresentados corroboraram a relevância das recomendações realizadas para promover a colaboração entre os estudantes. De forma geral, os índices e níveis motivaram bem a participação e também a colaboração. Em outra oportunidade posterior, alguns alunos avaliaram ainda que as recomendações contribuíram para que realizassem outra(s) atividade(s) proposta(s) durante a realização do componente curricular. Ressalta-se a importância da participação efetiva do professor no experimento, sugerindo fóruns de discussão voltados para a realizar as atividades no ambiente virtual de aprendizagem com base nos conteúdos abordados em sala de aula, onde os estudantes puderam debater mais espontaneamente de forma presencial.

<sup>6</sup> Jamovi website: <https://www.jamovi.org/>.

Tabela 6 – Matriz de correlação das respostas dos estudantes ao questionário

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Q1	$\rho$ — $p$ —								
Q2	$\rho$ 0.148 $p$ 0.613	—							
Q3	$\rho$ 0.177 $p$ 0.545	0.672**	—						
Q4	$\rho$ 0.170 $p$ 0.562	0.092	0.530	—					
Q5	$\rho$ 0.022 $p$ 0.940	0.526	0.772**	0.453	—				
Q6	$\rho$ 0.105 $p$ 0.722	0.635*	0.587*	0.320	0.772**	—			
Q7	$\rho$ 0.214 $p$ 0.463	0.329	0.326	0.575*	0.440	0.605*	—		
Q8	$\rho$ -0.222 $p$ 0.445	0.304	0.346	0.281	0.551*	0.652*	0.445	—	
Q9	$\rho$ -0.161 $p$ 0.599	0.160	0.156	0.351	0.546	0.534	0.599*	0.690**	—

Legenda:  $\rho$  - Coeficiente de Spearman;  $p$  -  $p$ -valor; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

### 4.3 Experimentos para Validação e Refinamento das Recomendações

Os dois últimos experimentos foram realizados após a qualificação desta pesquisa, em março de 2023, no IF Goiano e no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), abrangendo dois componentes curriculares de cursos superiores da Educação a Distância (EaD), respectivamente: (1) Mídias e Ferramentas Tecnológicas na Educação a Distância, do Curso de Licenciatura em Pedagogia e Educação Profissional e Tecnológica; e (2) Estrutura de Dados, do Curso de Licenciatura em Computação. Nessas experimentações houve participações mais amplas, pois foi possível acompanhar um fórum de discussão em cada uma das oito turmas, conforme previamente conversado com as Coordenações de EaD. Dessa maneira, foi possível obter agrupamentos consistentes por meio do K-Means, o que viabilizou validar e refinar as recomendações.

Na Tabela 7 apresenta-se um resumo dos fóruns de discussão analisados, identificados pelos seus códigos do AVA, sendo que quatro, destacados na cor laranja, não foram monitorados por haver quantitativo insuficiente de estudantes que consentiram o envio de recomendações, apesar de ter havido convites insistentes para a participação de todos eles e os professores inscritos nas respectivas turmas. Entretanto, foi relevante analisar os fóruns monitorados (9908, 9930, 9974 e 9246) e aqueles que não foram (9919, 9941, 9952 e 9963) a fim de comparar seus resultados, podendo ter estes como grupos controle. Nesse

sentido, destaca-se que houve expressivo aumento da quantidade de pessoas que postaram nos fóruns monitorados, ou seja, nos quais houve envio de recomendações. Houve ainda um aumento na proporção de mensagens por participante, principalmente nos dois fóruns com maiores quantidades de estudantes que consentiram (9974 e 9246).

Tabela 7 – Resumo dos fóruns de discussão analisados

ID do fórum	9908	9919	9930	9941	9952	9963	9974	9246	Tot.
Total de estudantes	32	21	26	21	16	52	56	42	266
Estudantes que consentiram	6	0	4	0	0	1	24	42	77
<b>Perc. de estudantes que consentiram</b>	19%	0%	15%	0%	0%	2%	43%	100%	29%
Etapas para envio de recomendações gerais	3	0	3	0	0	0	3	2	11
Quantidade de recom. personalizadas enviadas	5	0	2	0	0	0	28	20	55
Etapas para envio de recom. a professores	3	0	3	0	0	0	3	2	11
Mensagens postadas	22	13	31	12	13	11	30	78	210
<b>Pessoas que postaram</b>	22	11	22	12	13	11	26	18	135
<b>Proporção de mensag. por participante</b>	1,00	1,18	1,41	1,00	1,00	1,00	1,15	4,33	1,56

Uma das duas etapas de envio das recomendações gerais enviadas aos estudantes do fórum de discussão 9246 é exemplificada na Figura 8.

Olá, estudante!

Para colaborar com um(a) colega escolha alguma das seguintes mensagens, clique no seu link e em Responder. Então dê sua opinião sobre o assunto debatido nesta atividade.

**Você pode responder**

- [Júlio, muito interessante seu exemplo, a princípio eu fiquei com a mesma dúvida da Márcia e...](#)

**Você pode debater**

- [No meu trabalho utilizamos um sistema de importação de dados que também lê os arquivos...](#)
- [Bom dia a todos, uma colaboração referente a sua dúvida Márcia seria respondida da seguinte...](#)
- [Fiquei com uma dúvida, quando eu mando um e-mail onde eu coloco no campo "para" os...](#)

**Você pode colaborar mais**

- [Por exemplo, no meu trabalho usamos uma macro em Excel que lê o conteúdo de uma pasta...](#)
- [Pessoas na fila de um banco](#)
- [Vamos considerar um sistema de atendimento ao cliente online, como em um chat de...](#)

Caso já tenha feito alguma postagem, você também receberá uma mensagem personalizada com informações e sugestões sobre as suas postagens.

---

[Sistema de Recomendação Educacional para Diagnosticar e Promover a Colaboração em AVAs \(EduColab\)](#)

Figura 8 – Recomendações gerais aos estudantes do fórum 9246

Ainda durante o monitoramento do fórum de discussão 9246, das vinte mensagens com recomendações personalizadas aos estudantes, na Figura 9 consta uma enviada à estudante cujo identificador no ambiente virtual de aprendizagem é 188.

Olá, (aluna 188)

Estas são informações sobre sua participação no fórum "[Exercício 4 - Fórum Interativo: Explorando Estruturas de Dados](#)" com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas:

- De 2 postagem(ns) que fez, em 0 havia pergunta e 0 foi/foram para comentar mensagens de colegas. Comparando esses valores, talvez queira aumentar a sua participação postando uma pergunta ou um comentário a mensagem de colega.
- O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é 0,19 para todo o fórum e o maior valor desse nível considerando apenas as suas mensagens é 0,367. Esses valores podem aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, aumentando ainda mais se puder fazer isso em resposta à mensagem de um colega.
- Talvez possa aumentar sua participação postando alguma mensagem que aborde os termos que estão sendo mais debatidos neste fórum: ordem, fila, sistema, exemplo, dado.

Antes enviei sugestões de mensagens dos/das colegas que você pode responder, pelo e-mail "Dicas e informações para aprender colaborando".

---

[Sistema de Recomendação Educacional para Diagnosticar e Promover a Colaboração em AVAs \(EduColab\)](#)

Figura 9 – Recomendações personalizadas à estudante 188 do fórum 9246

Na derradeira etapa de envio das recomendações aos professores que moderavam o fórum de discussão 9246 foi disponibilizada a mensagem que consta na Figura 10, na qual a última recomendação lista os estudantes que participaram desse fórum seguidos dos respectivos níveis de colaboração alcançados por eles, cujos nomes foram substituídos pelos identificadores no ambiente virtual de aprendizagem.



Olá, prezados(as) professores(as)!

Acabo de enviar e-mail aos estudantes com as seguintes recomendações gerais a fim de que respondam as postagens dos colegas no fórum "Exercício 4 - Fórum Interativo: Explorando Estruturas de Dados".

#### Você pode responder

- Júlio, muito interessante seu exemplo, a princípio eu fiquei com a mesma dúvida da Márcia, e...

#### Você pode debater

- No meu trabalho utilizamos um sistema de importação de dados que também lê os arquivos...
- Bom dia a todos uma colaboração referente a sua dúvida Márcia seria respondida da seguinte...
- Fiquei com uma dúvida.; quando eu mando um e-mail onde eu coloco no campo "para" os...

#### Você pode colaborar mais

- Por exemplo, no meu trabalho usamos uma macro em Excel que lê o conteúdo de uma pasta...
- Pessoas na fila de um banco
- Vamos considerar um sistema de atendimento ao cliente online, como em um chat de...

Os critérios para essas sugestões são:

- Em "Você pode responder" sugeri mensagens em que há pergunta relacionada ao assunto em discussão, mas não há resposta de colega. Entretanto, caso não tenham postado pergunta, os incentivei a fazer isso. Nesse sentido, talvez você queira motivar os estudantes a postarem respostas ou questionamentos para a turma.
- As mensagens que incluí em "Você pode debater" são as mais associadas aos principais termos deste fórum. Você pode orientar os estudantes a abordarem melhor o que precisa ser debatido.
- Na lista "Você pode colaborar mais" sugeri as mensagens de estudantes em que está havendo mais colaboração. Talvez possa incentivá-los a clarear ou aprofundar suas ideias, podendo ainda motivar os demais a participar dessas discussões.

Enviei ainda mensagem privada a cada estudante que preencheu o TCLE com informações sobre a participação dele no fórum monitorado e algumas sugestões para ele colaborar com os colegas. Nesse sentido, fiz recomendações a fim de promover a colaboração entre os estudantes, incentivando-os a postarem questionamentos e comentários acerca dos assuntos abordados. Também elaborei estas recomendações a você(s) com relação à colaboração entre eles:

- Neste fórum há 53 mensagens de estudantes, sendo 3,77% com perguntas e 54,72% de retorno às mensagens deles. Esses valores podem ajudar a avaliar o quanto as perguntas e retornos de estudantes contribuíram para a participação deles neste debate.
- Para este fórum foram enviadas 28 mensagens com recomendações para estudantes e 2 para professores, além daquelas gerais enviadas anteriormente. Desta maneira, você pode avaliar se é necessário solicitar ajustes na quantidade de recomendações enviadas para estudantes ou professor(es).
- Os principais termos usados neste fórum foram: ordem, fila, sistema, exemplo, dado. A partir disso, você pode avaliar se esses termos estão relacionados com o conteúdo curricular abordado, e, se for o caso, pode sugerir algum outro assunto que os estudantes precisam abordar.
- Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é(são) a(s) média(s) desse nível neste fórum: 01/12/23 = 0,19; 24/11/23 = 0,088. A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, aumentando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Para cada estudante a seguir consta o maior valor para o nível de colaboração dentre as mensagens de cada um. Considerando isso, você pode comparar a participação destes estudantes neste fórum: estudante 143, 0,35; estudante 123, 0,456; estudante 213, 0,35; estudante 188, 0,367; estudante 406, 0,171; J, 0,346; estudante 58, 0,414; estudante 193, 0,431; estudante 238, 0,599; estudante 171, 0,291; estudante 175, 0,272; estudante 180, 0,342; estudante 205, 0,532; estudante 206, 0,061. Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda nos solicitar esclarecimentos ou ajustes na estratégia de cálculo do nível de colaboração.

Atenciosamente!

---  
[Sistema de Recomendação Educacional para Diagnosticar e Promover a Colaboração em AVAs \(EduColab\)](#)

Figura 10 – Recomendações personalizadas aos professores do fórum 9246

Houve diversas aplicações de aprendizado de máquina nesses fóruns, em extrações iniciais e finais destes, a fim de estabelecer os índices e a forma de agrupamento mais consistente. Dessa maneira, foi possível estabelecer os parâmetros destacados na Seção

3.3. O gráfico constante na Figura 11 exemplifica a distribuição de estudantes em três agrupamentos (0, 1 e 2), onde o índice *MTA average* é preponderante, tendo obtido o desvio padrão (0,144) maior que os demais índices (*SIL* = 0,097 e *SPL* = 0,078), cujos valores podem ser visualizados na Tabela 9. As diferenças das médias desse índice para os agrupamentos foram bem superiores a 10%: no agrupamento 0 o *MTA average* foi 0,101; 0,362 para o agrupamento 1; e no agrupamento 2 atingiu 0,498. Destaca-se que os códigos entre parênteses são os identificadores dos estudantes no ambiente virtual de aprendizagem.

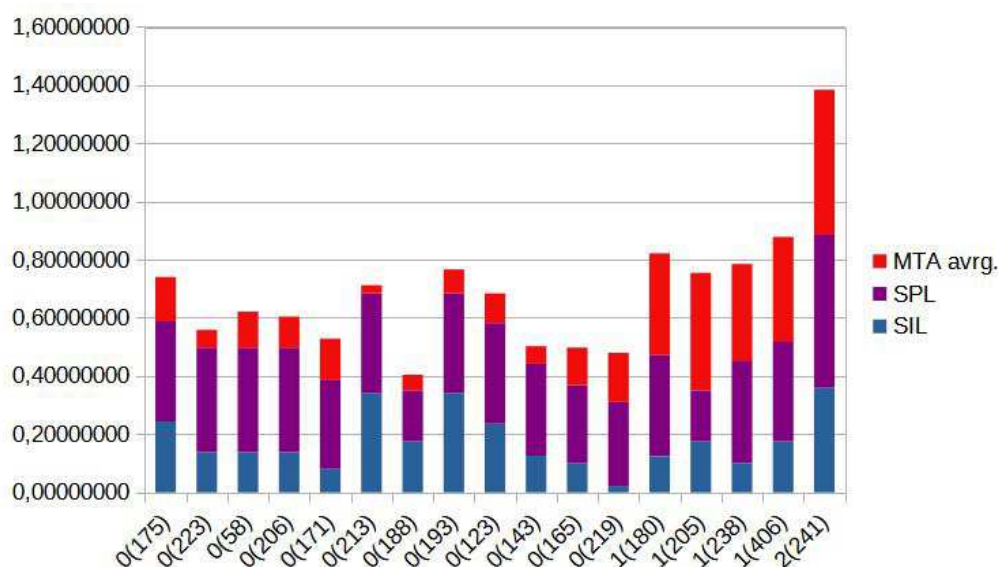


Figura 11 – Três agrupamentos de estudantes no fórum 9246

De maneira geral, os comparativos das médias dos índices resultantes das análises feitas no começo e ao final dos monitoramentos daqueles quatro fóruns de discussão (9908, 9930, 9974 e 9246), constantes na Tabela 7, revelaram que há uma melhora significativa das médias do *SIL*, *SPL*, *MTA* e *SCL*, destacando-se incrementos superiores a 33% e 119% dos dois últimos índices respectivamente. Ao se comparar os resultados de dois fóruns similares, tanto na finalidade quanto na quantidade de estudantes inscritos (56 e 52), sendo que um foi monitorado (9974) e outro não (9963), merecem destaques os seguintes aumentos expressivos no resultado daquele em que houve monitoramento:

- ❑ O fórum monitorado contou com a participação de 15 pessoas a mais (11 no 9963 e 26 no 9974);
- ❑ Com relação à abordagem dos principais termos em discussão, as médias finais do *MTA* foram 91,3% maiores no fórum monitorado (9974);
- ❑ As médias finais do *SCL*, ou seja, do nível de colaboração dos estudantes, foram superiores 125,7% em relação ao fórum não monitorado (9963).



Os agrupamentos obtidos por meio de K-Means viabilizaram a validação da estratégia que definiu as recomendações transmitidas aos estudantes e professores, considerando-se os fóruns de discussão nos quais houve consentimento para enviar recomendações. Na Tabela 8 apresenta-se o comparativo de resultados das análises dos dois fóruns monitorados com maiores quantidades de estudantes que consentiram o envio de recomendações (9974 e 9246), incluindo-se o resultado daquele que não foi monitorado (9963), destacado em laranja, a fim de estabelecer confrontação de dados.

Tabela 8 – Comparativo de resultados dos principais fóruns analisados

Fórum	Descrição do resultado	<i>SIL</i> <i>average</i>	<i>SPL</i> <i>average</i>	<i>MTA</i> <i>average</i>	<i>SCL</i> <i>average</i>
9963	Médias iniciais	0,167	0,167	0,100	0,033
	Médias finais	0,030	0,030	0,104	0,035
	Comparação das médias	↓82,0%	↓82,0%	↑4,0%	↑6,1%
9974	Médias iniciais	0,048	0,048	0,108	0,036
	Médias finais	0,026	0,032	0,199	0,079
	Comparação das médias	↓45,8%	↓33,3%	↑84,3%	↑119,4%
	Envio de recomendação tipo 0	0,013	0,013	0,117	0,039
	Envio de recomendação tipo 1	0,011	0,011	0,258	0,086
	Envio de recomendação tipo 2	0,041	0,055	0,248	0,110
9246	Médias iniciais	0,111	0,139	0,107	0,091
	Médias finais	0,177	0,326	0,186	0,208
	Comparação das médias	↑59,5%	↑134,5%	↑73,8%	↑128,6%
	Envio de recomendação tipo 0	0,000	0,000	0,000	0,000
	Envio de recomendação tipo 1	0,087	0,305	0,120	0,105
	Envio de recomendação tipo 2	0,197	0,331	0,200	0,230

Nos dois fóruns de discussão em que as recomendações foram enviadas para a maioria dos estudantes (9246 e 9974) aqueles para os quais foram enviadas recomendações estão nos agrupamentos com maiores desempenhos colaborativos, inclusive se forem comparadas as médias desses índices com os tipos de envio das recomendações. Na Tabela 9 constam os estudantes, identificados pelos os códigos deles entre parênteses no ambiente virtual de aprendizagem, seguidos dos seus índices e as respectivas médias desses índices por agrupamento do fórum 9246, também abordados na Figura 11.

Tabela 9 – Médias dos índices por agrupamento de estudantes no fórum 9246

Agrup.+ID	SIL	SPL	MTA Avg.	MedSIL Agrup.	MedSPL Agrup.	MedMTA Agrup.
0(175)	0,244	0,344	0,153			
0(223)	0,137	0,360	0,061			
0(58)	0,137	0,360	0,124			
0(206)	0,137	0,360	0,107			
0(171)	0,082	0,304	0,142			
0(213)	0,342	0,342	0,028			
0(188)	0,175	0,175	0,053			
0(193)	0,342	0,342	0,082			
0(123)	0,235	0,346	0,102			
0(143)	0,126	0,316	0,060			
0(165)	0,101	0,268	0,129			
0(219)	0,022	0,289	0,169	0,173	0,317	0,101
1(180)	0,124	0,346	0,351			
1(205)	0,175	0,175	0,403			
1(238)	0,101	0,351	0,333			
1(406)	0,175	0,342	0,361	0,144	0,304	0,362
2(241)	0,360	0,526	0,498	0,360	0,526	0,498
<b>Desvio P.</b>	0,097	0,078	0,144			

Verificou-se que os agrupamentos de estudantes com melhores desempenhos colaborativos (1 e 2) estavam associados aos tipos de envio 1 (recomendações gerais) e 2 (ambas as recomendações), revelando que foram enviadas recomendações a todos os alunos desses agrupamentos, conforme exemplificado na Tabela 10, na qual constam os três agrupamentos de estudantes no fórum 9974 seguidos das quantidades de alunos em cada agrupamento e das porcentagens dos tipos de envio de recomendação.

Tabela 10 – Agrupamentos de estudantes e os tipos de envio de recomendação (9974)

Agrupamento	Quantidade estudantes	Porc. código de envio 0	Porc. código de envio 1	Porc. código de envio 2
0	17	58,8%	5,9%	35,3%
1	8	0,0%	37,5%	62,5%
2	1	0,0%	0,0%	100,0%

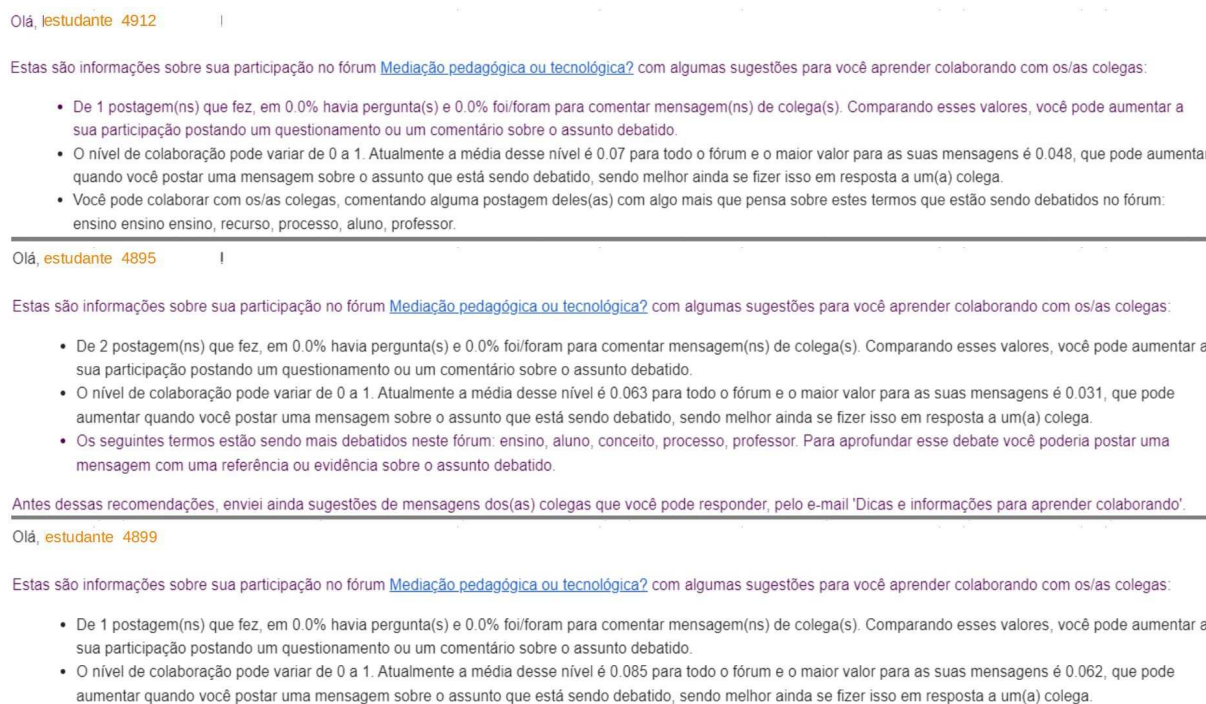
Os comparativos entre os desempenhos colaborativos finais dos principais fóruns de discussão monitorados (9246 e 9974) e aquele não monitorado (9963), apontam uma diferença expressiva nas médias dos índices *SIL*, *SPL*, *MTA* e *SCL*, além da média da quantidade de palavras por postagem de estudante. Por esses índices, o desempenho colaborativo dos estudantes no fórum não monitorado foi consideravelmente inferior, com destaque para as médias finais do *MTA*, de 0,104, 0,199 e 0,186 nos fóruns 9963, 9974 e 9246, respectivamente. Os comparativos entre as médias iniciais e finais evidenciam

expressivas diferenças das suas porcentagens nos fóruns monitorados em relação àquele que não foi.

Os resultados alcançados a partir da aplicação de K-Means nos índices e níveis de recomendação resultantes da análise conversacional (*SIL*, *SPL* e *MTA average*) permitiram ainda estabelecer que a recomendação referente ao índice preponderante pudesse ser especializada de acordo com o desempenho colaborativo alcançado por cada um dos três agrupamentos obtidos, conforme disponível na estratégia de recomendação no Apêndice A. Segue um exemplo de refinamento da estratégia de recomendação para quando o índice *MTA average* for preponderante:

- ❑ Para estudantes no agrupamento com menor desempenho colaborativo: “Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: [’Termo1’], [’Termo2’], [’Termo3’], [’Termo4’], [’Termo5’].” No caso do fórum 9246 essa recomendação seria enviada ao agrupamento 0 (zero);
  
- ❑ Para estudantes no agrupamento com desempenho colaborativo intermediário: “Os seguintes termos estão sendo mais debatidos neste fórum: [’Termo1’], [’Termo2’], [’Termo3’], [’Termo4’], [’Termo5’]. Para aprofundar esse debate você poderia postar uma mensagem com uma referência ou evidência sobre o assunto debatido.” Para o fórum 9246 essa recomendação seria enviada ao agrupamento 1 (um);
  
- ❑ Não enviar esta recomendação para o agrupamento com maior desempenho colaborativo, caso sua média para o índice preponderante seja superior a 10% em relação à média do grupo com desempenho intermediário. No exemplo do fórum 9246, ao estudante 241 não seria enviada a recomendação referente ao índice *MTA average*.

De forma semelhante, foram realizados os refinamentos das recomendações personalizadas para estudantes, especializando-as de acordo com os agrupamentos de alunos obtidos pelo K-Means. De acordo com esse planejamento, na Figura 12 constam três exemplos de mensagens aos participantes do fórum de discussão 9974, com recomendações que seriam direcionadas para estudantes que se encontravam nos agrupamentos com desempenhos colaborativos menor (0), intermediário (1) e maior (2), respectivamente.



Olá, **estudante 4912** !

Estas são informações sobre sua participação no fórum [Mediação pedagógica ou tecnológica?](#) com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas:

- De 1 postagem(ns) que fez, em 0.0% havia pergunta(s) e 0.0% foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um questionamento ou um comentário sobre o assunto debatido.
- O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é 0.07 para todo o fórum e o maior valor para as suas mensagens é 0.048, que pode aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, sendo melhor ainda se fizer isso em resposta a um(a) colega.
- Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: ensino ensino ensino, recurso, processo, aluno, professor.

---

Olá, **estudante 4895** !

Estas são informações sobre sua participação no fórum [Mediação pedagógica ou tecnológica?](#) com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas:

- De 2 postagem(ns) que fez, em 0.0% havia pergunta(s) e 0.0% foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um questionamento ou um comentário sobre o assunto debatido.
- O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é 0.063 para todo o fórum e o maior valor para as suas mensagens é 0.031, que pode aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, sendo melhor ainda se fizer isso em resposta a um(a) colega.
- Os seguintes termos estão sendo mais debatidos neste fórum: ensino, aluno, conceito, processo, professor. Para aprofundar esse debate você poderia postar uma mensagem com uma referência ou evidência sobre o assunto debatido.

Antes dessas recomendações, enviei ainda sugestões de mensagens dos(as) colegas que você pode responder, pelo e-mail 'Dicas e informações para aprender colaborando'.

---

Olá, **estudante 4899** !

Estas são informações sobre sua participação no fórum [Mediação pedagógica ou tecnológica?](#) com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas:

- De 1 postagem(ns) que fez, em 0.0% havia pergunta(s) e 0.0% foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um questionamento ou um comentário sobre o assunto debatido.
- O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é 0.085 para todo o fórum e o maior valor para as suas mensagens é 0.062, que pode aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, sendo melhor ainda se fizer isso em resposta a um(a) colega.

Figura 12 – Recomendações a três estudantes nos agrupamentos 0, 1 e 2 (9974)

Para o professor, a recomendação com a lista dos estudantes e seus respectivos *Maximum SCL* foi refinada de forma que estejam agrupados de acordo com o índice preponderante, a fim de destacar os agrupamentos e as sugestões de intervenção relativas a tal índice, dando origem às RP09, RP10 e RP11, cujo planejamento pode ser visto no Apêndice A. Na Figura 13 consta um exemplo de mensagem com recomendações que seriam enviadas ao professor do fórum de discussão 9246, em cuja análise o índice preponderante foi o *MTA*, na qual os nomes dos estudantes foram substituídos pelos seus identificadores no ambiente virtual de aprendizagem.

Olá, prezados(as) professores(as)!

Acabo de enviar e-mail aos estudantes com as seguintes recomendações gerais a fim de que respondam as postagens dos colegas no fórum [Exercício 4 - Fórum Interativo: Explorando Estr....](#)

Os critérios para essas sugestões são:

- Em 'Você pode responder' sugeri mensagens em que há pergunta relacionada ao assunto em discussão, mas não há resposta de colega. Entretanto, caso não tenham postado pergunta, os incentivei a fazer isso. Nesse sentido, talvez você queira motivar os estudantes a postarem respostas ou questionamentos para a turma.
- As mensagens que incluí em 'Você pode debater' são as mais associadas aos principais termos deste fórum. Você pode orientar os estudantes a abordarem melhor o que precisa ser debatido.
- Na lista 'Você pode colaborar mais' sugeri as mensagens de estudantes em que está havendo mais colaboração. Talvez possa incentivá-los a clarear ou aprofundar suas ideias, podendo ainda motivar os demais a participar dessas discussões.

Enviei ainda mensagem privada a cada estudante que consentiu participar com informações sobre a participação dele no fórum monitorado e algumas sugestões para ele colaborar com os colegas. Nesse sentido, fiz recomendações a fim de promover a colaboração entre os estudantes, incentivando-os a postarem questionamentos e comentários acerca dos assuntos abordados. Também elaborei estas recomendações a você(s) com relação à colaboração entre eles:

- Neste fórum há 53 mensagens de estudantes, sendo 3.77% com perguntas e 54.72% de retorno às mensagens deles. Esses valores podem ajudar a avaliar o quanto as perguntas e retornos de estudantes contribuíram para a participação deles neste debate.
- Para este fórum foram enviadas 25 mensagens com recomendações para estudantes e 3 para professor(es), além daquelas gerais enviadas anteriormente. Desta maneira, você pode avaliar se é necessário solicitar ajustes na quantidade de recomendações enviadas para estudantes ou professor(es).
- Os principais termos usados neste fórum foram: ordem, fila, atendimento, podemo, utilizada. A partir disso, você pode avaliar se esses termos estão relacionados com o conteúdo curricular abordado, e, se for o caso, pode sugerir algum outro assunto que os estudantes precisem abordar.
- Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é(são) a(s) média(s) desse nível neste fórum:
  - 21-11-2023: 0.047
  - 24-11-2023: 0.1
  - 13-08-2024: 0.179
- A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Junto a cada aluno a seguir está o maior valor do nível de colaboração alcançado dentre as suas mensagens (SCL máx.), o qual consta em um dos três agrupamentos conforme o seu desempenho colaborativo neste fórum.

Tabela com agrupamentos de estudantes por desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior

Menor		Intermediário		Maior	
Nome	SCL máx.	Nome	SCL máx.	Nome	SCL máx.
Estudante 143	0.35	Estudante 58	0.377	Estudante 406	0.186
Estudante 123	0.424	Estudante 171	0.181	Estudante 238	0.433
Estudante 213	0.438	Estudante 175	0.173	Estudante 241	0.549
Estudante 188	0.367	Estudante 206	0.068	Estudante 180	0.43
Estudante 193	0.395			Estudante 205	0.59

- A distribuição em três agrupamentos leva em consideração a abordagem de tópico feita por cada estudante, que é calculada a partir do quanto as suas mensagens contemplam os termos que estão sendo mais debatidos neste fórum. Considerando isso, você pode comparar a participação deles neste fórum.

Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda solicitar esclarecimentos ou ajustes nos cálculos do nível de colaboração e na definição dos agrupamentos. Você pode ainda encontrar, na opção 'Panorama do fórum' do EduColab, os gráficos Trajetória da Colaboração no Fórum e Principais Termos em Debate, que permitem fazer comparações interessantes das análises deste fórum.

Atenciosamente,

---

EduColab - Sistema de Recomendação Educacional para Diagnosticar e Promover a Colaboração em AVAs (EduColab)

Figura 13 – Recomendações ao professor com o índice preponderante *MTA* (9246)

Com o refinamento das recomendações também foram elaborados gráficos a fim de facilitar a interpretação, avaliação e organização dos resultados das análises por fórum, destacando:

1. Os termos mais debatidos no fórum de discussão;



2. E as trajetórias de colaboração com valores de alguns índices e níveis de colaboração, desde que haja mais de uma análise do fórum e da participação de cada estudante.

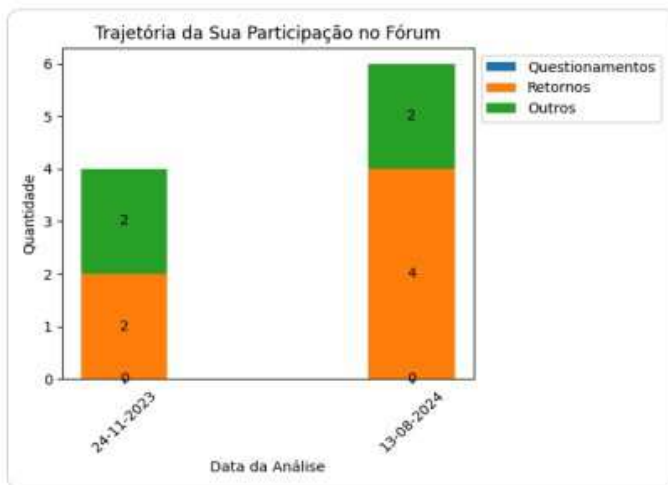
Dessa maneira, uma nuvem com os termos mais debatidos no fórum, em formato de *wordcloud*, foi adicionado às recomendações gerais aos estudantes, como pode ser visto na Figura 14.



Figura 14 – Nuvem dos termos mais debatidos no fórum 9246

Nas recomendações personalizadas aos estudantes dois gráficos foram acrescentados com as trajetórias de participação e colaboração por aluno, desde que haja mais de uma análise da participação de cada estudante no fórum de discussão. Na Figura 15 há exemplos desses gráficos que seriam enviados para o aluno 241 do fórum 9246.

No gráfico *Trajétoria da Sua Participação no Fórum* constam os tipos e quantidades de mensagens que você enviou, nas datas de análise deste fórum.



No gráfico *Trajétoria da Sua Colaboração no Fórum* constam os maiores níveis de colaboração que você alcançou em comparação à colaboração média dos estudantes, nas datas de análise deste fórum.

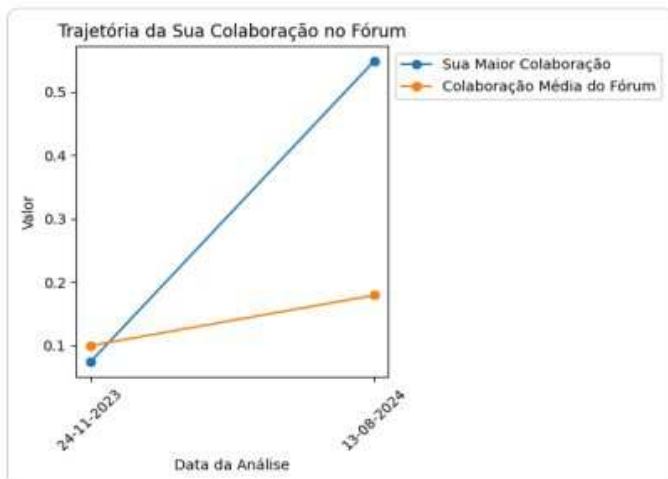


Figura 15 – Trajetórias de participação e colaboração do estudante 241 (9246)

Aos professores foi desenvolvida a funcionalidade **Panorama do fórum**, onde podem encontrar três gráficos:

1. Trajetória da participação no fórum;
2. Trajetória da colaboração no fórum;
3. E um gráfico dinâmico com os principais termos debatidos no fórum a cada análise, no qual cada aresta representa uma mensagem de estudante que contém um par desses termos, havendo destaque dos vértices, na cor azul, para os novos termos que surgiram em relação à análise anterior.

A Figura 16 apresenta um exemplo que seria disponibilizado para o fórum de discussão 9930.

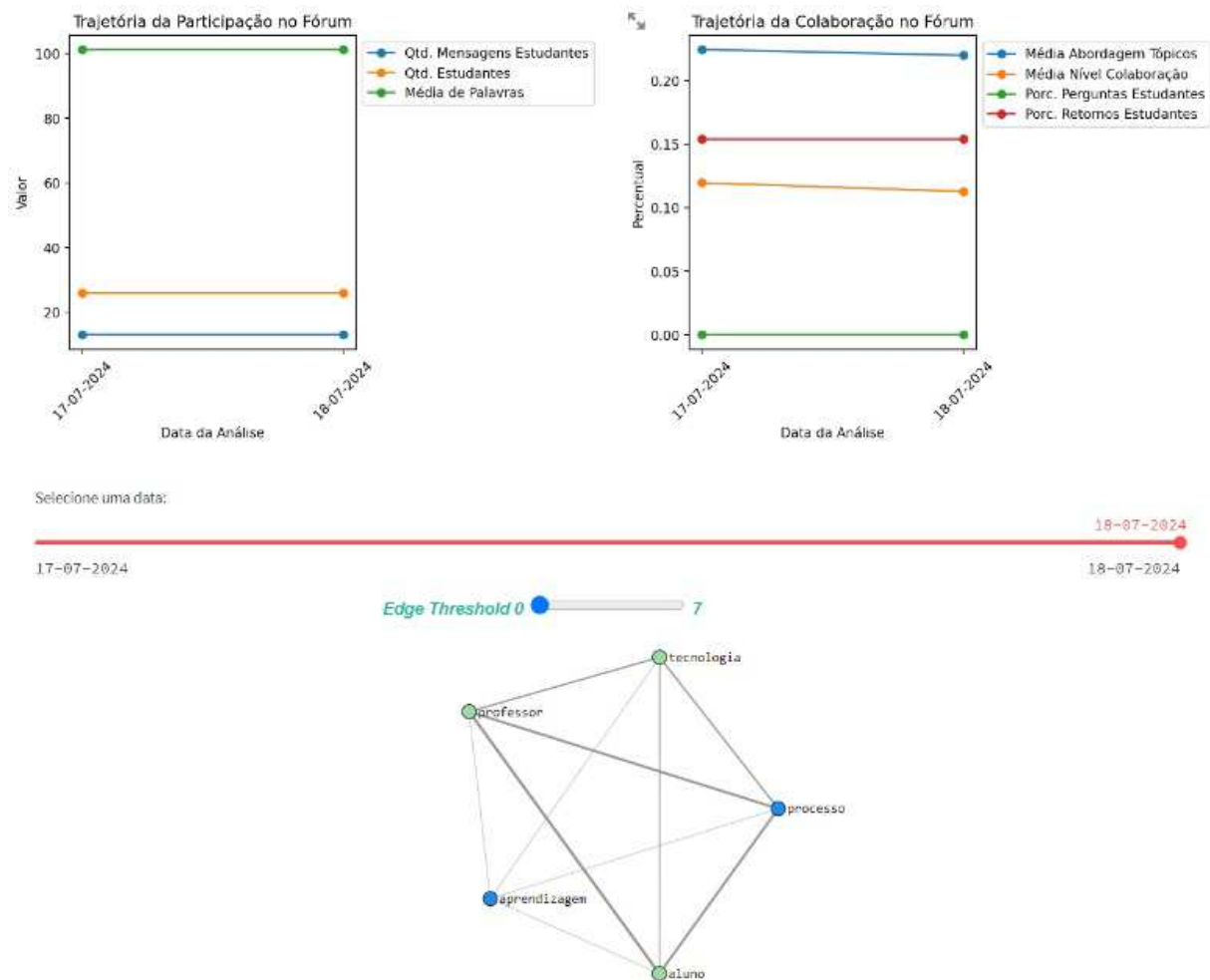


Figura 16 – Panorama do fórum 9930

Mediante o que foi alcançado com esses experimentos e tendo em vista promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, a aplicação de aprendizado de máquina em índices resultantes da Análise Conversacional (AC) permitiu inicialmente revisar e eventualmente ajustar os resultados da análise realizada. Posteriormente, tendo obtido agrupamentos consistentes de estudantes, foi possível refinar a estratégia de recomendação preestabelecida, especializando-a de acordo com o desempenho colaborativo revelado em cada agrupamento.

Por fim, após realizar alguns ciclos de recomendação a alunos e professores, pôde-se avaliar a efetividade das recomendações comparando-se, não apenas os resultados gerais dos índices da AC, mas também aqueles alcançados por agrupamento de estudantes. Assim caracterizou-se um procedimento para validar e refinar a estratégia de recomendação, como parte dos estágios cíclicos para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, abordados na Figura 1. No capítulo a seguir são apresentadas as considerações conclusivas, considerando os resultados apresentados, e retomando os objetivos, a hipótese e as questões de pesquisa que foram descritos nas Seções 1.2 e 1.3.





---

## Conclusão

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que a identificação do nível de colaboração entre os estudantes e as recomendações realizadas permitiram promover a colaboração em fóruns de discussão, além de motivar a interação entre estudantes nesses fóruns. Portanto, esta pesquisa representou uma nova possibilidade de desenvolvimento e atuação de um sistema de recomendação educacional em prol da aprendizagem colaborativa.

Em consonância com os objetivos da pesquisa e as Questões de Pesquisa (QPs) descritos nas Seções 1.2 e 1.3, a investigação apresentada, com a perspectiva de identificar e promover a colaboração em fóruns de discussão:

1. Realizou a camada de análise conversacional necessária para caracterizar as interações entre os estudantes nos fóruns de discussão, identificando a colaboração entre eles, respondendo a QP1 e QP2;
2. Definiu a estratégia de recomendação a alunos e professores com base no nível de colaboração entre estudantes, contemplando a QP3;
3. Realizou a validação e refinamento da estratégia de recomendação a alunos e professores através de prova de conceito e aprendizado de máquina, resolvendo a QP4;
4. Desenvolveu e implementou o sistema de recomendação educacional EduColab que disponibiliza recomendações para alunos e professores a fim de promover a colaboração entre os estudantes nos fóruns monitorados, solucionando a QP 5.

A partir dos diversos experimentos realizados, em diferentes instituições de EPT, a hipótese foi confirmada, ou seja, a adoção da análise conversacional na implementação do sistema de recomendação educacional EduColab contribuiu para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, resolvendo assim a QP principal.

Acredita-se que a adoção dos estágios cíclicos para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão pode, de maneira direta, auxiliar efetivamente tanto os

estudantes na participação ativa e crítica dos debates em fóruns quanto os professores no engajamento dos alunos nessas discussões. Em perspectiva ampla, é possível vislumbrar que essa adoção contribua para reorientar os planejamentos pedagógicos no sentido de tornar os fóruns em AVAs mais dinâmicos, motivadores da produção de texto e interativos, em um contexto de ensino-aprendizagem mais colaborativo.

## 5.1 Contribuições em Produção Bibliográfica

No âmbito desta pesquisa, o doutorando<sup>1</sup> tem apresentado artigos em eventos científicos qualificados atualmente como Qualis Capes A3, sendo:

1. Um resumo no *ICALT 2019 - XIX International Conference Advanced Learning Technologies* (MORAES-NETO; FERNANDES, 2019), tendo por base o projeto de pesquisa;
2. Um completo no SBIE 2020 - XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2020), contendo a revisão sistemática de literatura feita a partir das questões de pesquisa, disponível para leitura na Seção D.1;
3. Outro no *CSEDU 2022 - XIV International Conference on Computer Supported Education* (MORAES-NETO; FERNANDES; AMIEL, 2022), descrevendo a posição de pesquisa que culminou com a estratégia para calcular os níveis de colaboração, que pode ser lida na Seção D.2;
4. Um artigo completo no SBIE 2022 (MORAES-NETO et al., 2022), com enfoque nos resultados dos experimentos realizados como prova de conceito desta pesquisa;
5. Por fim, outro artigo completo foi aceito pelo SBIE 2024 (NETO et al., no prelo), descrevendo os resultados da aplicação de aprendizado de máquina que permitiram validar e refinar a estratégia de recomendação preestabelecida, cujo título é *Aprendizado de Máquina em Análise Conversacional para Recomendar a Colaboração em Fóruns de Discussão*. A prévia desse artigo pode ser lida na Seção D.3.

## 5.2 Trabalhos Futuros

É recomendado que haja experimento mais abrangente, preferencialmente em contexto da EaD, com vistas a avaliar a validação e o refinamento da estratégia de recomendação propostos. Outras pesquisas podem monitorar e atualizar os índices e níveis de colaboração, ajustando os parâmetros para melhorar a identificação da colaboração entre

<sup>1</sup> Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7109705644590434>.

estudantes. É relevante ainda integrar o sistema de recomendação educacional EduColab ao Moodle, como uma extensão deste, a fim de promover a aprendizagem colaborativa diretamente nesse ambiente virtual de aprendizagem, oferecendo uma forma mais interativa e automática para uso de professores.

O sistema de recomendação educacional desenvolvido pode ser melhor aproveitado em um contexto pedagógico orientado para a construção do conhecimento, mais propício ao debate em ambiente acadêmico, diferente do adotado tradicionalmente. Nesse sentido, será igualmente oportuno organizar uma formação de professores a fim de propiciar o entendimento, planejamento e adoção da colaboração entre estudantes em ambientes virtuais de aprendizagem.



---

## Referências

- ABRAHAM, J. et al. Characterizing the structure and content of nurse handoffs: A Sequential Conversational Analysis approach. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 59, p. 76–88, 2016. ISSN 1532-0464. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.11.009>>. Acesso em: 2020-07-30.
- AGGARWAL, C. An Introduction to Recommender Systems. In: AGGARWAL, C. (Ed.). **Recommender Systems: The Textbook**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 1–28. ISBN 978-3-319-29659-3. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-319-29659-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29659-3_1)>. Acesso em: 2020-05-26.
- ALLAYMOUN, M. H.; TRAUSAN-MATU, S. Rhetorical structure analysis for assessing collaborative processes in CSCL. In: **2015 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 123–127. <<https://doi.org/10.1109/ICSTCC.2015.7321280>>.
- ANAYA, A. R.; LUQUE, M.; PEINADO, M. A visual recommender tool in a collaborative learning experience. **Expert Systems with Applications**, v. 45, p. 248–259, mar. 2016. ISSN 0957-4174. <<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.071>>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417415006624>>.
- BERLAND, M.; BAKER, R. S.; BLIKSTEIN, P. Educational Data Mining and Learning Analytics: Applications to Constructionist Research. **Technology, Knowledge and Learning**, v. 19, n. 1, p. 205–220, 2014. ISSN 2211-1670. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10758-014-9223-7>>. Acesso em: 2024-09-16.
- CAVALCANTI, A. P. et al. Análise Automática de Feedback em Ambientes de Aprendizagem Online. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, p. 892–901, 2020. ISSN 0000-0000. <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.892>>. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12845>>. Acesso em: 2020-12-27.
- DASCALU, M. et al. Cohesion network analysis of CSCL participation. **Behavior Research Methods**, v. 50, n. 2, p. 604–619, 2018. ISSN 1554-3528. Disponível em: <<https://doi.org/10.3758/s13428-017-0888-4>>. Acesso em: 2020-10-22.
- FARROW, E.; MOORE, J.; GAŠEVIĆ, D. Analysing discussion forum data: a replication study avoiding data contamination. In: **Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge**. New York,

NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (LAK19), p. 170–179. ISBN 978-1-4503-6256-6. Disponível em: <<http://doi.org/10.1145/3303772.3303779>>. Acesso em: 2020-11-16.

GARCIA-MARTINEZ, S.; HAMOU-LHADJ, A. Educational Recommender Systems: A Pedagogical-Focused Perspective. In: TSIHRINTZIS, G. A.; VIRVOU, M.; JAIN, L. C. (Ed.). **Multimedia Services in Intelligent Environments: Recommendation Services**. Heidelberg: Springer International Publishing, 2013, (Smart Innovation, Systems and Technologies). p. 113–124. ISBN 978-3-319-00375-7. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-319-00375-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-00375-7_8)>. Acesso em: 2023-01-06.

GAŠEVIĆ, D. et al. SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning. **Computers in Human Behavior**, v. 92, p. 562 – 577, 2019. ISSN 0747-5632. <<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.003>>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321830325X>>.

HAYASHI, Y. Multiple pedagogical conversational agents to support learner-learner collaborative learning: Effects of splitting suggestion types. **Cognitive Systems Research**, v. 54, p. 246–257, 2019. ISSN 13890417. <<https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.04.005>>. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389041717302711>>. Acesso em: 2020-04-27.

KOSCHMANN, T. Conversation Analysis and Collaborative Learning. In: HMELO-SILVER, C. et al. (Ed.). **The International Handbook of Collaborative Learning**. New York: Routledge Handbooks, 2013. p. 149–167. ISBN 978-0-203-83729-0. 10.4324/9780203837290.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22 140, p. 55–55, 1932.

LIU, Q. et al. CBET: design and evaluation of a domain-specific chatbot for mobile learning. **Universal Access in the Information Society**, 2019. ISSN 1615-5297. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10209-019-00666-x>>. Acesso em: 2020-04-27.

LU, J.; CHIU, M. M.; LAW, N. W. Collaborative argumentation and justifications: A statistical discourse analysis of online discussions. **Computers in Human Behavior**, Pergamon, v. 27, n. 2, p. 946–955, 2011. ISSN 0747-5632. <<https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.11.021>>. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0747563210003663>>. Acesso em: 2020-10-21.

LYNDALL, C.-S.; ELSPETH, M. Measuring engagement in online collaborative learning activities: A comparative analysis of the Conversational Framework and the Social Network Analysis tool. In: **2015 IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 100–103. <<https://doi.org/10.1109/MITE.2015.7375297>>.

MICHAELS, S. *Accountable Talk® Sourcebook: For Classroom Conversation that Works*. p. 46, 2016.

MICHAELS, S.; O'CONNOR, C. Conceptualizing Talk Moves as Tools: Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions. In: RESNICK, L. B.;

- ASTERHAN, C. S. C.; CLARKE, S. N. (Ed.). **Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue**. American Educational Research Association, 2015. p. 347–361. ISBN 978-0-935302-43-1. <[https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1\\_27](https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_27)>. Disponível em: <<http://ebooks.aera.net/SOCCH27>>. Acesso em: 2020-12-14.
- MONTEVERDE, I. et al. M-Cluster: Uma ferramenta de Recomendação para Formação de Grupos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)**, v. 28, n. 1, p. 1657, 2017. ISSN 2316-6533. <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1657>>. Disponível em: <<http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/7697>>.
- MORAES-NETO, A. J. et al. Análise Conversacional para Diagnosticar e Recomendar a Colaboração em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. In: **Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. SBC, 2022. p. 1209–1221. <<https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225776>>. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22494>>. Acesso em: 2022-12-03.
- MORAES-NETO, A. J.; FERNANDES, M. A. Chatbot and Conversational Analysis to Promote Collaborative Learning in Distance Education. In: **2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 2161-377X, p. 324–326. ISSN 2161-377X. <<https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00102>>.
- MORAES-NETO, A. J.; FERNANDES, M. A.; AMIEL, T. Chatbot e Análise Conversacional para Recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, SBC, p. 1142–1151, 2020. ISSN 0000-0000. <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.1142>>. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12870>>. Acesso em: 2020-12-14.
- \_\_\_\_\_. Conversational Analysis to Recommend Collaborative Learning in Distance Education. In: **14th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)**. [s.n.], 2022. p. 196–203. ISBN 978-989-758-562-3. <<https://doi.org/10.5220/0011092600003182>>. Disponível em: <<https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011092600003182>>. Acesso em: 2022-08-13.
- MORAES-NETO, A. J.; TELES, L. F.; VASCONCELOS, R. C. Proposta de um Modelo de Mineração de Dados Educacionais para Identificar a Colaboração entre Estudantes da EAD. **CIET:EnPED**, 2018. ISSN 2316-8722. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/241>>. Acesso em: 2020-05-08.
- NETO, A. J. M. et al. Aprendizado de Máquina em Análise Conversacional para Recomendar a Colaboração em Fóruns de Discussão. In: **Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.]: SBC, no prelo.
- OLIVEIRA, I.; TINOCA, L.; PEREIRA, A. Online group work patterns: How to promote a successful collaboration. **Computers & Education**, Pergamon, v. 57, n. 1, p. 1348–1357, 2011. ISSN 0360-1315. <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.017>>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0360131511000340>>. Acesso em: 2020-10-21.



- PAZ, F. J.; CAZELLA, S. C. Integrando Sistemas de Recomendação com Mineração de Dados Educacionais e Learning Analytics: Uma revisão sistemática da Literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 16, n. 1, 2018. ISSN 1679-1916. <<https://doi.org/10.22456/1679-1916.85925>>. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/85925>>. Acesso em: 2024-09-16.
- PENNEBAKER, J. W. et al. The Development and Psychometric Properties of LIWC2015. 2015. Accepted: 2015-09-16T13:00:41Z. Disponível em: <<https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/31333>>. Acesso em: 2022-07-14.
- PEREIRA, A. J.; GOMES, A. S.; PRIMO, T. T. Design de Sistema de Recomendação Educacional: abordagens com Mágico de Oz. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. SBC, 2022. p. 1184–1195. <<https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225760>>. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22492>>. Acesso em: 2023-01-06.
- \_\_\_\_\_. Especificação de Sistema de Recomendação Educacional de Incentivo as Interações em Plataforma Social de Aprendizagem. **RENOTE**, v. 20, n. 2, p. 1–10, 2022. ISSN 1679-1916. <<https://doi.org/10.22456/1679-1916.129143>>. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/129143>>. Acesso em: 2023-01-06.
- PEREIRA, G. d. M. Características inerentes a medidas de centralidade e uso de algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de bridging nodes. 2018. <<https://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.287>>. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21190>>. Acesso em: 2022-01-12.
- PROCTER, M.; LIN, F.; HELLER, B. Intelligent intervention by conversational agent through chatlog analysis. **Smart Learning Environments**, v. 5, n. 1, p. 30, 2018. ISSN 2196-7091. <<https://doi.org/10.1186/s40561-018-0079-5>>. Disponível em: <<https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-018-0079-5>>. Acesso em: 2020-04-27.
- SAQR, M.; NOURI, J.; JORMANAINEN, I. A Learning Analytics Study of the Effect of Group Size on Social Dynamics and Performance in Online Collaborative Learning. In: SCHEFFEL, M. et al. (Ed.). **Transforming Learning with Meaningful Technologies**. Cham: Springer International Publishing, 2019. (Lecture Notes in Computer Science), p. 466–479. ISBN 978-3-030-29736-7. <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_35)>.
- SCHULTE, L. **Investigating topic modeling techniques for historical feature location**. Tese (Doutorado) — Karlstad University, 2021. Disponível em: <<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-85379>>. Acesso em: 2022-01-14.
- SHANNON, P. et al. Cytoscape: A Software Environment for Integrated Models of Biomolecular Interaction Networks. **Genome Research**, v. 13, n. 11, p. 2498–2504, 2003. ISSN 1088-9051, 1549-5469. <<https://doi.org/10.1101/gr.1239303>>. Disponível em: <<https://genome.cshlp.org/content/13/11/2498>>. Acesso em: 2022-07-14.
- STAHL, G. **A view of Computer-Supported Collaborative Learning research and its Lessons for Future-Generation Collaboration Systems**. 2012. Disponível em: <<http://gerrystahl.net/pub/fgcs.pdf>>.

- STAHL, G.; KOSCHMANN, T.; SUTHERS, D. D. Computer-Supported Collaborative Learning. In: SAWYER, R. K. (Ed.). **The Cambridge Handbook of the Learning Sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, (Cambridge Handbooks in Psychology). p. 409–426. ISBN 978-0-511-81683-3. <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.025>>. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/books/cambridge-handbook-of-the-learning-sciences/computersupported-collaborative-learning/F74198F22DBD764A5943FE4BC38B5999>>. Acesso em: 2020-06-09.
- TAROUCO, L.; SILVEIRA, C.; KRASSMANN, A. Collaborative Learning with Virtual Entities. In: ZAPHIRIS, P.; IOANNOU, A. (Ed.). **Learning and Collaboration Technologies. Design, Development and Technological Innovation**. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. 10924, p. 480–493. ISBN 978-3-319-91742-9 978-3-319-91743-6. <[https://doi.org/10.1007/978-3-319-91743-6\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91743-6_35)>. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-91743-6\\_35](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-91743-6_35)>. Acesso em: 2020-04-27.
- TAWFIK, A.; GRAESSER, A.; LOVE, J. Supporting Project-Based Learning Through the Virtual Internship Author (VIA). **Technology, Knowledge and Learning**, v. 25, n. 2, p. 433–442, 2020. ISSN 2211-1662, 2211-1670. <<https://doi.org/10.1007/s10758-018-9392-x>>. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10758-018-9392-x>>. Acesso em: 2020-04-27.
- TEGOS, S. et al. A Configurable Agent to Advance Peers' Productive Dialogue in MOOCs. In: FØLSTAD, A. et al. (Ed.). **Chatbot Research and Design**. Cham: Springer International Publishing, 2020. (Lecture Notes in Computer Science), p. 245–259. ISBN 978-3-030-39540-7. <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-39540-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39540-7_17)>.
- UTHUS, D. C.; AHA, D. W. Multiparticipant chat analysis: A survey. **Artificial Intelligence**, v. 199-200, p. 106–121, 2013. ISSN 00043702. <<https://doi.org/10.1016/j.artint.2013.02.004>>. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0004370213000234>>. Acesso em: 2020-04-27.
- VAYANSKY, I.; KUMAR, S. A. P. A review of topic modeling methods. **Information Systems**, v. 94, 2020. ISSN 0306-4379. <<https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101582>>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437920300703>>. Acesso em: 2022-01-15.
- VERA, A. A.; GONZÁLEZ, C. M. Educational Resource Recommender Systems Using Python and Moodle. In: GERVASI, O. et al. (Ed.). **Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops**. Cham: Springer International Publishing, 2022. (Lecture Notes in Computer Science), p. 15–30. ISBN 978-3-031-10542-5. <[https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_2)>.
- YAZDI, H. A.; CHABOK, S. J. S. M.; KHEIRABADI, M. Dynamic Educational Recommender System Based on Improved Recurrent Neural Networks Using Attention Technique. **Applied Artificial Intelligence**, v. 36, n. 1, p. 2005298, 2022. ISSN 0883-9514, 1087-6545. <<https://doi.org/10.1080/08839514.2021.2005298>>. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2021.2005298>>. Acesso em: 2023-01-06.
- ZAWACKI-RICHTER, O. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? **International Journal**

---

**of Educational Technology in Higher Education**, v. 16, n. 1, p. 39, 2019. ISSN 2365-9440. <<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>>. Disponível em: <<https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-019-0171-0>>. Acesso em: 2020-04-27.

# Apêndices



APÊNDICE **A**

---

**Planejamento da estratégia de  
recomendação**

Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO

Estratégia de Recomendação ao Estudante

Projeto de Pesquisa: EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: Antonio Justiniano de Moraes Neto

Versão de: 08/08/2024

Motivação	Foco	Movimento APT*	Recomendação: Id; Tipo**; Texto		
Motivar a colaboração, por meio de recomendações gerais	Incentivo aos estudantes para iniciarem a participação, enviando mensagem privada pelo AVA	Challenging students (focusing on utterance)	RE00	0	Olá, estudante! Estou realizando uma pesquisa científica que visa enviar recomendações para promover a aprendizagem por meio do debate entre os/as estudantes em fóruns de discussão. Como planejado com a Coordenação, iniciei o monitoramento do fórum ['IdentificaForum']+['LinkForum'] e já enviei as primeiras recomendações a alguns dos seus colegas. Gostaria de enviar algumas a você também e por isso o convido a: (1) preencher o documento, disponível no link <a href="https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A">https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A</a> , em que você me permite fazer isso; e (2) postar ao menos uma mensagem nesse fórum. Após análise das mensagens postadas, enviarei dois e-mails com dicas e informações para motivá-lo a expor suas dúvidas e ideias aos colegas, facilitando assim o aprendizado conjunto. Depois de fazer isso algumas vezes durante o período desse fórum, você poderá avaliar, por meio de um breve questionário, o quanto as recomendações foram úteis. Vambora colaborar com a sua turma e ainda participar desta oportunidade científica de aplicação da informática na educação?
	Informação e esclarecimento gerais sobre o que se espera em relação à colaboração	Challenging students	-	1	Olá, estudante! Para colaborar com um(a) colega escolha alguma das seguintes mensagens, clique no seu link e em Responder. Então dê sua opinião sobre o assunto debatido nesta atividade. [Destacar RE01 ou 02, RE03 e RE04]
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	Linking contributions	RE01	1	Você pode responder [LinksRE01] [Lista com links das mensagens com perguntas de estudantes que estão pendentes de resposta de colega, com maiores QC, coluna L, se QC > 0,09 ou há '?' no final, ISI = 0 e MTA > 0]
		Challenging students	RE02	1	[Caso não tenha havido pergunta, enviar esta mensagem ao invés da anterior] Ainda não há perguntas de colegas a responder! Que tal você postar um questionamento para provocar o debate sobre o assunto desta atividade?
	Mensagens com os principais termos em discussão	Linking contributions	RE03	1	[Se o CTM retornar os termos] Você pode debater [LinksRE03] [Lista com links das 3 outras mensagens de estudante com os maiores MTA, coluna P]
	Mensagens mais debatidas	Linking contributions	RE04	1	Você pode colaborar mais [LinksRE04] [Lista com links das 3 outras mensagens de estudante com os maiores SCL, coluna Q. Caso haja poucas postagens, colocar uma outra opção]
Encerramento desta mensagem	Challenging students	-	1	[Se o CTM retornar os termos] Principais termos em debate neste fórum [Wordcloud] Caso já tenha feito alguma postagem, você também receberá uma mensagem com informações e sugestões personalizadas. Atenciosamente. [Finalizar com a assinatura do EduColab]	
Fornecer, a cada fórum monitorado, informações e sugestões sobre a participação, por meio de recomendações	Informação e esclarecimento personalizados sobre o que se espera em relação à colaboração	Challenging students	-	2	Olá, ['Nome']! Estas são informações sobre sua participação no fórum ['IdentificaForum']+ ['LinkForum'] com algumas sugestões para você aprender colaborando com os/as colegas: [Destacar RE05, RE06 e RE07 ou RE08]
	Quantidades de mensagens de cada estudante com aquelas que são perguntas e retornos	Expanding reasoning	RE05	2	De ['TotalMensagensEstad'] postagem(ns) que fez, em ['PorcQuestoesEstad']% havia pergunta(s) e ['PorcRetornosEstadColegas']% foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um questionamento ou um comentário sobre o assunto debatido.
	SIL: menor desempenho colaborativo	Expanding reasoning	RE09	2	A(s) postagem(ns) que fez corresponde(m) a ['PSM']% do total de mensagens de estudantes. De ['TotalMensagensEstad'] postagem(ns) sua(s), em ['PorcQuestoesEstad']% havia pergunta(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um novo questionamento ou comentário sobre o assunto debatido neste fórum.
	SIL: desempenho colaborativo intermediário	Linking contributions	RE10	2	A(s) postagem(ns) que fez corresponde(m) a ['PSM']% do total de mensagens de estudantes. Em ['PorcQuestoesEstad']% da(s) sua(s) postagem(ns) havia pergunta(s) e o(s) seu(s) colega(s) postou/postaram ['SomatorioWDCEstad'] comentário(s) à(s) sua(s) mensagem(ns). Comparando esses valores, você pode postar um novo questionamento ou comentário que acrescente algo sobre o assunto debatido neste fórum, talvez concordando ou discordando de alguma postagem do(a) colega que lhe respondeu.
	SPL: menor desempenho colaborativo	Expanding reasoning	RE11	2	A(s) postagem(ns) que fez corresponde(m) a ['PSM']% do total de mensagens de estudantes. De ['TotalMensagensEstad'] postagem(ns) sua(s), ['PorcRetornosEstadColegas']% foi/foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Comparando esses valores, você pode aumentar a sua participação postando um novo comentário ou questionamento sobre o assunto debatido neste fórum.
	SPL: desempenho colaborativo intermediário	Linking contributions	RE12	2	A(s) postagem(ns) que fez corresponde(m) a ['PSM']% do total de mensagens de estudantes. ['PorcRetornosEstadColegas']% das suas postagens foram para comentar mensagem(ns) de colega(s). Outro(s) colega(s) postou/postaram ['SomatorioWDCEstad'] comentário(s) à(s) sua(s) mensagem(ns). Comparando esses valores, você pode postar um novo comentário ou questionamento que acrescente algo sobre o assunto debatido neste fórum, talvez concordando ou discordando de alguma postagem do(a) colega que lhe respondeu.

personalizadas	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	<i>Linking contributions</i>	RE06	2	O nível de colaboração pode variar de 0 a 1. Atualmente a média desse nível é ['MediaSCLEstds'] para todo o fórum e o maior valor para as suas mensagens é ['MaxSCLEstd'], que pode aumentar quando você postar uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, sendo melhor ainda se fizer isso em resposta a um (a) colega.
	MediaMTA: desempenho colaborativo intermediário	<i>Pressing for accuracy</i>	RE07	2	[Se houver retorno dos termos pelo CTM] Os seguintes termos estão sendo mais debatidos neste fórum: ['Termo1'], ['Termo2'], ['Termo3'], ['Termo4'], ['Termo5']. Para aprofundar esse debate você poderia postar uma mensagem com uma referência ou evidência sobre o assunto debatido.
	MediaMTA: menor desempenho colaborativo	<i>Expanding reasoning</i>	RE08	2	[Se houver retorno dos termos pelo CTM] Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: ['Termo1'], ['Termo2'], ['Termo3'], ['Termo4'], ['Termo5'].
	Encerramento desta mensagem	<i>Verifying and clarifying</i>	-	2	[Caso tenha havido mais de uma análise do fórum, incluir ainda o texto abaixo, seguido dos respectivos gráficos] No gráfico <i>Trajectoria da Sua Participação no Fórum</i> constam os tipos e quantidades de mensagens que você enviou, nas datas de análise deste fórum. [Gráfico <i>Trajectoria da Sua Participação no Fórum</i> ] No gráfico <i>Trajectoria da Sua Colaboração no Fórum</i> constam os maiores níveis de colaboração que você alcançou em comparação à colaboração média dos estudantes, nas datas de análise deste fórum. [Gráfico <i>Trajectoria da Sua Colaboração no Fórum</i> ]
	<i>Linking contributions</i>	-	2	[Em todos os casos incluir a frase abaixo] Antes dessas recomendações, enviei ainda sugestões de mensagens dos(as) colegas que você pode responder, pelo e-mail 'Dicas e informações para aprender colaborando'. Atenciosamente. [Finalizar com a assinatura do EduColab]	
* Estratégia de Recomendação baseada em movimentos de conversação da APT:	Preferencialmente para o agrupamento com menor desempenho colaborativo	<i>Challenging students (Example or counterexample)</i> : O que você acha? Você pode nos dar um exemplo?			
		<i>Expanding reasoning (Say more)</i> : Aproveite o seu tempo; diga algo mais. Você pode dizer algo mais?			
		<i>Keeping everyone together (Repeat)</i> : Quem pode repetir...? Diga isso de novo.			
	Mais adequado para o agrupamento com desempenho colaborativo intermediário	<i>Linking contributions (Agree/disagree)</i> : Quem quer adicionar...? Alguém concorda ou discorda...?			
		<i>Pressing for accuracy</i> : Onde podemos encontrar isso? Qual é a evidência...?			
	<i>Pressing for reasoning</i> : Por que você acha isso? O que o(a) levou a essa conclusão?				
	<i>Verifying and clarifying (Revoicing)</i> : Então, você está dizendo que...?				
** Tipo de Recomendação:	O tipo é relacionado ao(s) estudante(s) destinatário(s) da recomendação: 0 convite para estudantes participarem. Destinatários: todos os estudantes da turma que ainda não consentiram o recebimento de recomendações, em CCO. Assunto: Convite para aprender colaborando com seus colegas; 1 recomendação geral aos estudantes. Destinatários: todos os estudantes que consentiram o recebimento de recomendações, em CCO. Assunto: Dicas e informações para aprender colaborando; 2 recomendação personalizada a cada estudante que postou no fórum. Destinatário: cada estudante participante que consentiu o recebimento de recomendações. Assunto: Dicas e informações personalizadas para aprender colaborando; 3 solicitação para estudantes avaliarem. Destinatários: todos os estudantes que consentiram participar, em CCO. Assunto: Importante! Pedido de avaliação das recomendações que recebeu.				



**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Planejamento do Questionário de Avaliação das Recomendações pelo Estudante**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: **Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

Versão de: **13/08/2024**

Indicador	Foco/Tema	Pergunta	Resposta
<b>Motivadores de participação (comportamento)</b>	Incentivo aos estudantes para avaliarem as recomendações recebidas, enviado por e-mail	- Destinatários: [Todos os Estudantes da Turma que Consentiram Participar, em CCO] Assunto: Pedido de Avaliação das Recomendações Recebidas Olá, estudante! Finalizando a etapa atual de participação em nossa pesquisa, pedimos que preencha um breve questionário a fim de avaliar as recomendações relativas ao fórum de discussão de [Nome Disciplina]. Para facilitar sua avaliação informe no primeiro campo seu endereço de e-mail, pelo qual recebeu esta mensagem, e verá as últimas recomendações disponibilizadas. Observe que as informações mostradas foram coletadas dia [Data Coleta], ou seja, podem estar desatualizadas, caso tenha postado algo após essa data. Pedimos então que preencha o questionário de avaliação acessando o link <a href="https://form.jotform.com/223317701591654">https://form.jotform.com/223317701591654</a> . Muito obrigado!	<a href="#">Avaliação do estudante</a>
	Convidar os estudantes a iniciarem a participação	QE00 O e-mail inicial que convidava os estudantes a começarem a participação no fórum me estimulou a postar a minha primeira mensagem.	Escala Likert para Concordância
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	QE01 <a href="#">Postei uma resposta a um colega porque a mensagem dele constava na lista "Você pode responder"</a> . [Caso não tenha havido perguntas, substituir por esta:] <a href="#">Postei uma mensagem no fórum ao observar a sugestão que constava na lista "Você pode responder"</a> .	
	Mensagens com os principais termos em discussão	QE02 <a href="#">Avalio que o assunto abordado em uma mensagem da lista "Você pode debater" me motivou a postar outra mensagem no fórum.</a>	
Mensagens mais debatidas	QE03 <a href="#">Decidi postar um comentário a uma mensagem porque estava na lista "Você pode colaborar mais"</a> .		
<b>Avaliar informações acerca de fóruns que participou (comportamento)</b>	Quantidade de mensagens de cada estudante com aquelas que são perguntas e retornos	QE04 A informação das quantidades de perguntas e de comentários que eu fiz contribuiu para aumentar a minha participação neste fórum.	Escala Likert para Concordância
	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	QE05 <a href="#">A indicação da média do nível de colaboração deste fórum e do maior valor desse nível dentre as minhas mensagens me motivou a fazer nova postagem.</a>	
		QE06 <a href="#">A indicação da média do nível de colaboração deste fórum e do maior valor desse nível dentre as minhas mensagens me incentivou a postar ao menos um comentário à mensagem de um colega.</a>	
	Principais termos discutidos	QE07 <a href="#">A indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos no fórum me ajudou a postar mensagem com referência ou evidência sobre o assunto debatido.</a>	
QE08 <a href="#">Postei uma mensagem no fórum com base na indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos.</a>			
<b>Avaliar a percepção acerca das recomendações que recebeu (valor)</b>	Existência de pergunta(s) ou sugestão de fazê-la	QE09 <a href="#">A sugestão de postagem(ns) na lista "Você pode responder" foi importante para aumentar a minha participação no fórum.</a>	Escala Likert para Relevância Escala Likert Quantitativa
	Principais termos discutidos	QE10 <a href="#">A indicação dos termos que estavam sendo mais debatidos me ajudou a participar do fórum.</a>	
	Contribuição para a realização da(s) outra(s) atividade(s)	QE11 As sugestões de participação e as informações que recebi contribuíram para que eu realizasse outra(s) atividade(s) proposta(s) pelo professor.	
	Contribuição para a aprendizagem individual	QE12 Todas as recomendações que recebi foram _____ para o meu aprendizado. Complete a lacuna com uma destas opções:	
	Quanto a quantidade de recomendações recebidas	QE13 A quantidade de recomendações que recebi foi:	
<b>Observações:</b>	Cores são relativas ao índices, e permitem verificar coerência entre respostas: azul é relativo ao QC/SIL/PSQ; vermelho ao MTA; púrpura ao ISI/PSR/SPL; verde ao SCL		
	Escala Likert para Concordância (5 opções para questões obrigatórias, mas podem ser 4, se não forem): 1 (um) para discordo totalmente; 2 (dois) para discordo parcialmente; 3 (três) para não concordo nem discordo; 4 (quatro) para concordo parcialmente; 5 (cinco) para concordo totalmente		
	Escala Likert para Relevância: Nem um pouco úteis (1); Um pouco úteis (2); Mais ou menos úteis (3); Muito úteis (4); Extremamente úteis (5)		
	Escala Likert Quantitativa: Muito alta (recebi pelo menos o dobro de recomendações a mais do que o necessário); Alta (recebi em torno de 50% a mais das recomendações que considero necessárias); Suficiente (a quantidade foi boa, recebi entre 25% a mais ou a menos do necessário); Baixa (recebi em torno de 50% a menos das recomendações que considero necessárias); Muito baixa (deveria ter recebido pelo menos o dobro das recomendações que recebi)		
	Inicialmente o TCLE será disponibilizado pelo professor no fórum para que estudantes, além dele, assinem antes de começarem as atividades		
Haverá posteriormente uma pesquisa de opinião acerca da interação com a TE por parte de estudantes e professores			

Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO

Estratégia de Recomendação ao Professor

Projeto de Pesquisa: EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: Antonio Justiniano de Moraes Neto

Versão de: 13/08/2024

Motivação	Foco	Movimento APT*	Recomendação: Id; Tipo**; Texto	
<b>Aumentar a quantidade de participação dos estudantes</b>	Agradecimento pela participação dos tutores e solicitação para que incentivem a participação de estudantes	<i>Ensuring equitable participation</i>	RP00	- Destinatários: [Todos os Professores Participantes que Atuam no Fórum, em cujas Turmas não Há Quantidade Suficiente de Estudantes] Assunto: Solicitação de incentivo para que os estudantes participem Olá, prezado(a) professor(a)! Sou o doutorando que está realizando a pesquisa que visa promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão. Agradeço demais que você tenha aceitado participar! Como planejado junto à Coordenação, inicie o monitoramento do fórum [Nome Fórum] do componente curricular [Nome Disciplina] com vistas a enviar recomendações a você e aos estudantes. Entretanto, a quantidade de alunos que consentiram participar ainda está baixa, o que inviabiliza a análise dos textos que postaram nesse fórum. Assim, gostaria de frisar a importância da participação dos estudantes nessa pesquisa, que busca motivá-los a expor suas dúvidas e ideias aos colegas facilitando assim o aprendizado mútuo. Peço então, que incentivem os seus alunos a preencherem o TCLE ( <a href="https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A">https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A</a> ), de maneira que seja possível enviá-lhes as recomendações, evitando ainda questionamentos com relação ao uso de dados daqueles que ainda não são participantes. Estou à disposição para qualquer dúvida ou sugestão.
<b>Motivar a colaboração, caso não haja participação no prazo esperado</b>	Incentivo aos estudantes para participarem, quando não houver nova postagem, considerando a periodicidade predefinida	<i>Wait time</i>	RP01	4 Olá, prezados(as) professores(as)! Enviei as sugestões de participação gerais aos estudantes que consentiram participar. Enviei ainda mensagens personalizadas com informações para cada estudante, mas percebi que não fizera novas postagens. Considerando que não há novos textos para analisar, talvez queira incentivá-los a postarem algo sobre a(s) atividade(s) que propôs.
<b>Motivar a colaboração, por meio de mensagens personalizadas, tratando das recomendações gerais</b>	Esclarecimento sobre o envio das recomendações gerais	<i>Ensuring equitable participation</i>	-	- [Caso haja menos de 10% de estudantes da turma que aceitaram participar, enviar esta mensagem ao invés da anterior] Destinatários: [Todos os Professores Participantes que Atuam no Fórum] Assunto: Informação e sugestão para promover a colaboração entre estudantes Olá, prezado(s)/prezada(s) professor(es/as)! Com relação ao monitoramento do fórum de discussão [Nome Fórum com o Link], ainda não foi possível enviar e-mail com as recomendações gerais e personalizadas a fim de promover a colaboração entre os estudantes porque há [Qtd Estudantes Participantes] da turma que consentiu(ram) a participação. Ainda dá tempo de participar desta oportunidade científica de aplicação da informática na educação! Peço então que incentive os estudantes a preencherem o TCLE, pelo link <a href="https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A">https://forms.gle/aDKGvNb6rgktqcE4A</a> .
			-	5 Olá, prezados(as) professores(as)! Acabo de enviar e-mail aos estudantes com as seguintes recomendações gerais a fim de que respondam as postagens dos colegas no fórum [IdentificaForum]+ [LinkForum]. [Destacar RE01 ou 02, RE03 e RE04] Os critérios para essas sugestões são: [Inserir da RP02 em diante]
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	<i>Maintaining student engagement and motivation</i>	RP02	5 Em 'Você pode responder' sugeri mensagens em que há pergunta relacionada ao assunto em discussão, mas não há resposta de colega. Entretanto, caso não tenham postado pergunta, os incentivei a fazer isso. Nesse sentido, talvez você queira motivar os estudantes a postarem respostas ou questionamentos para a turma.
	Mensagens com os principais termos em discussão	<i>Managing coherence</i>	RP03	5 As mensagens que incluí em 'Você pode debater' são as mais associadas aos principais termos deste fórum. Você pode orientar os estudantes a abordarem melhor o que precisa ser debatido.
	Mensagens mais debatidas	<i>Making what is said intelligible / Ensuring equitable participation</i>	RP04	5 Na lista 'Você pode colaborar mais' sugeri as mensagens de estudantes em que está havendo mais colaboração. Talvez possa incentivá-los a clarear ou aprofundar suas ideias, podendo ainda motivar os demais a participar dessas discussões.
	Esclarecimento quanto ao envio das recomendações personalizadas e ao que se espera em relação à colaboração	<i>Wait time</i>	-	5 Enviei ainda mensagem privada a cada estudante que consentiu participar com informações sobre a participação dele no fórum monitorado e algumas sugestões para ele colaborar com os colegas. Nesse sentido, fiz recomendações a fim de promover a colaboração entre os estudantes, incentivando-os a postarem questionamentos e comentários acerca dos assuntos abordados. Também elaborei estas recomendações a você(s) com relação à colaboração entre eles:
	Quantidade de mensagens dos estudantes com as porcentagens das que são perguntas e retornos	<i>Maintaining student engagement and motivation</i>	RP05	5 Neste fórum há [QtdMensagensEstds] mensagens de estudantes, sendo [PorcPerguntasEstds]% com perguntas e [PorcRetornosEstds]% de retorno às mensagens deles. Esses valores podem ajudar a avaliar o quanto as perguntas e retornos de estudantes contribuíram para a participação deles neste debate.
	Totais de recomendações feitas	<i>Wait time</i>	RP06	5 Para este fórum foram enviadas [QtdRecomendacoesEstdnt] mensagens com recomendações para estudantes e [QtdRecomendacoesProf] para professor(es), além daquelas gerais enviadas anteriormente. Desta maneira, você pode avaliar se é necessário solicitar ajustes na quantidade de recomendações enviadas para estudantes ou professor(es).
	Principais termos discutidos	<i>Managing coherence</i>	RP07	5 Os principais termos usados neste fórum foram: [Termo1], [Termo2], [Termo3], [Termo4], [Termo5]. A partir disso, você pode avaliar se esses termos estão relacionados com o conteúdo curricular abordado, e, se for o caso, pode sugerir algum outro assunto que os estudantes precisam abordar.

Fornecer informações e sugestões acerca do fórum monitorado, por meio de recomendações personalizadas	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	<i>Ensuring equitable participation</i>	RP08	5	Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é/são a(s) média(s) desse nível neste fórum: ['DataAnalyse'], ['MediaSCLEstds']; ... A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Para cada estudante a seguir consta o maior valor do nível de colaboração dentre as mensagens dele. Considerando isso, você pode comparar a participação destes estudantes neste fórum: ['Nome'], ['MaxSCLEstsd']; ... Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda solicitar esclarecimentos ou ajustes nos cálculos do nível de colaboração.
	SIL: índice preponderante	<i>Ensuring equitable participation</i>	RP09	5	Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é/são a(s) média(s) desse nível neste fórum: ['DataAnalyse'], ['MediaSCLEstds']; ... A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Junto a cada aluno a seguir está o maior valor do nível de colaboração alcançado dentre as suas mensagens (SCL máx.), o qual consta em um dos três agrupamentos conforme o seu desempenho colaborativo neste fórum. Tabela com agrupamentos de estudantes por desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior ['Nome'], ['MaxSCLEstsd'] ... A distribuição em três agrupamentos leva em consideração o nível de provocação de cada estudante, que é calculado a partir das suas postagens no fórum, principalmente os questionamentos dele(a), e dos retornos de colegas que estas provocaram. Considerando isso, você pode comparar a participação deles neste fórum. Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda solicitar esclarecimentos ou ajustes nos cálculos do nível de colaboração e na definição dos agrupamentos.
	SPL: índice preponderante	<i>Ensuring equitable participation</i>	RP10	5	Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é/são a(s) média(s) desse nível neste fórum: ['DataAnalyse'], ['MediaSCLEstds']; ... A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Junto a cada aluno a seguir está o maior valor do nível de colaboração alcançado dentre as suas mensagens (SCL máx.), o qual consta em um dos três agrupamentos conforme o seu desempenho colaborativo neste fórum. Tabela com agrupamentos de estudantes por desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior ['Nome'], ['MaxSCLEstsd'] ... A distribuição em três agrupamentos leva em consideração o nível de participação de cada estudante, que é calculado a partir das suas postagens no fórum, principalmente os retornos dele(a) para colegas, e dos retornos de colegas que estas provocaram. Considerando isso, você pode comparar a participação deles neste fórum. Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda solicitar esclarecimentos ou ajustes nos cálculos do nível de colaboração e na definição dos agrupamentos.
	MediaMTA: índice preponderante	<i>Ensuring equitable participation</i>	RP11	5	Considerando que o nível de colaboração pode variar de 0 a 1, esta(s) é/são a(s) média(s) desse nível neste fórum: ['DataAnalyse'], ['MediaSCLEstds']; ... A colaboração aumenta quando o estudante posta uma mensagem sobre o assunto que está sendo debatido, ampliando ainda mais se ele fizer isso em resposta à mensagem de um colega. Junto a cada aluno a seguir está o maior valor do nível de colaboração alcançado dentre as suas mensagens (SCL máx.), o qual consta em um dos três agrupamentos conforme o seu desempenho colaborativo neste fórum. Tabela com agrupamentos de estudantes por desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior ['Nome'], ['MaxSCLEstsd'] ... A distribuição em três agrupamentos leva em consideração a abordagem de tópico feita por cada estudante, que é calculada a partir do quanto as suas mensagens contemplam os termos que estão sendo mais debatidos neste fórum. Considerando isso, você pode comparar a participação deles neste fórum. Com base no que foi apresentado acima, você pode ainda solicitar esclarecimentos ou ajustes nos cálculos do nível de colaboração e na definição dos agrupamentos.
	Encerramento desta mensagem	<i>Maintaining student engagement and motivation</i>	-	-	5
* Estratégia de Recomendação baseada em movimentos de conversação da APT:	<i>Ensuring equitable participation</i> : ajudar os estudantes a se orientarem e ouvirem uns aos outros com atenção				
	<i>Maintaining student engagement and motivation</i> : ajudar os estudantes a se envolverem com o raciocínio dos outros				
	<i>Making what is said intelligible</i> : ajudar os estudantes individualmente a compartilharem seus próprios pensamentos				
	<i>Managing coherence</i> : ajudar os estudantes a aprofundarem seu raciocínio				
	<i>Wait time</i> : após fazer uma pergunta; depois de pedir que um estudante fale; seguido a uma resposta de aluno				
Referências APT:	Tegos, 2020, A Configurable Agent to Advance Peers' Productive Dialogue in MOOCs, p. 249, Table 1.				
	Tegos, 2016, Conversational agents for academically productive talk: a comparison of directed and undirected agent interventions, p. 419, Table 1.				
	Adamson, 2014, Towards an Agile Approach to Adapting Dynamic Collaboration Support to Student Needs, p. 98, Table 1.				
	Michaels, 2016, Accountable Talk Sourcebook: for classroom conversation that works, pp. 13-27.				
	Michaels, 2015, Conceptualizing Talk Moves as Tools: Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions, p. Figure 1.				
	O'Connor, 2011, About Academically Productive Talk				

<b>** Tipo de Recomendação:</b>	<p>O tipo é relacionado ao(s) professor(es) destinatário(s) da recomendação:</p> <p>4 aviso para o(s) professor(es) que atuam no fórum, quando não há novas postagens. Destinatários: os professores participantes que consentiram o recebimento de recomendações, em CCO. Assunto: Informações e sugestões para promover a colaboração entre estudantes;</p> <p>5 recomendação para professor(es) que atuam no fórum, quando há novas postagens. Destinatários: os professores participantes que consentiram o recebimento de recomendações, em CCO. Assunto: Informações e sugestões para promover a colaboração entre estudantes;</p> <p>6 solicitação para professor(es) avaliar(em). Destinatários: os professores participantes que consentiram o recebimento de recomendações, em CCO. Assunto: Solicitação de avaliação das recomendações recebidas.</p>
---------------------------------	--

Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO

Planejamento do Questionário de Avaliação das Recomendações pelo Professor

Projeto de Pesquisa: EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: Antonio Justiniano de Moraes Neto

Versão de: 13/08/2024

Motivação	Foco	Pergunta	Resposta	
Motivadores de participação (comportamento)	Convite aos professores/tutores para avaliarem as recomendações recebidas, enviado por e-mail	Destinatários: [Todos os Professores Participantes que Atuam no Fórum] Assunto: Solicitação para Avaliar as Recomendações Recebidas Olá, prezado(a) professor(a)! Finalizando a etapa atual de participação em nossa pesquisa, pedimos que preencha um breve questionário a fim de avaliar as recomendações relativas ao fórum de discussão do componente curricular [Nome Disciplina]. Para preenchê-lo pedimos que clique no link <a href="https://form.jotform.com/212705570565658">https://form.jotform.com/212705570565658</a> . Enviamos aos estudantes que também participaram outro questionário para que avaliassem as recomendações que receberam. Muito obrigado!	Avaliação do professor	
	Mensagens com perguntas que ainda estão sem retorno	QP01 A indicação, na lista "Você pode responder", de mensagens de estudantes com perguntas que ainda estavam sem resposta de colega, permitiu-me incentivar o debate entre eles. QP02 [Caso não tenha havido perguntas, substituir por esta:] A sugestão que constava na lista "Você pode responder" me ajudou a incentivar o debate entre os estudantes.	Escala Likert para Concordância	
	Mensagens com os principais termos em discussão	QP03 A indicação, na lista "Você pode debater", das mensagens de estudantes com os principais termos abordados permitiu-me orientá-los a abordar melhor o que precisava ser debatido.		
	Mensagens mais debatidas	QP04 A lista "Você pode colaborar mais", com as mensagens de estudantes em que havia mais colaboração, ajudou-me a incentivar a participação deles a fim de que tornassem mais claras suas ideias.		
		QP05 A lista com as mensagens de estudantes em que havia mais colaboração permitiu-me incentivar os demais a participar.		
Avaliar informações acerca de fóruns monitorados (comportamento)	Quantidade de mensagens dos estudantes com as porcentagens das que são perguntas e retornos	QP06 A informação da quantidade de mensagens de estudantes com as porcentagens das que eram perguntas e retornos ajudou-me a avaliar o quanto as perguntas e retornos contribuíram para a participação deles neste debate.		Escala Likert para Relevância
	Totais de recomendações feitas	QP07 A quantidade de mensagens com recomendações disponibilizadas para estudantes foi suficiente.		
	Principais termos discutidos	QP08 Nas recomendações que recebi, os principais termos em debate que foram informados corresponderam ao conteúdo curricular abordado.		
		QP09 A informação que recebi com os principais termos usados no fórum ajudou-me a sugerir outro assunto para que os estudantes debatessem.		
	Indicação dos níveis de colaboração do fórum de discussão e de cada estudante	QP10 Analisando a lista dos níveis de colaboração deste fórum pude perceber a evolução da interação entre os estudantes. QP11 Os maiores níveis de colaboração para cada estudante informados nas recomendações permitiu comparar a participação deles neste fórum.		
Avaliar a percepção acerca das recomendações que recebeu (valor)	Existência de perguntas	QP12 A indicação de postagens com perguntas de estudantes contribuiu para que eu incentivasse a participação neste fórum.	Múltipla escolha	
	Refinamento da estratégia de recomendação	- De maneira geral, as recomendações enviadas aos estudantes contribuíram para motivar a colaboração entre eles.		
	Contribuição para o ensino-aprendizagem	QP13 Todas as recomendações que recebi foram _____ para me apoiar no acompanhamento das discussões dos estudantes. Complete a lacuna com uma destas opções:		Escala Likert Quantitativa
		QP14 Acredito que as recomendações recebidas contribuíram para: (é possível escolher vários itens para responder) Apoiar estudantes e professor(es) no acompanhamento das discussões em fóruns, sendo assim um recurso adequado ao ensino-aprendizagem; Dar suporte à mediação das discussões entre os estudantes; Motivar a adoção do fórum de discussão como um dos itens da avaliação de aprendizagem; Incentivar a inclusão da aprendizagem colaborativa no planejamento do ensino.		
	Quanto à quantidade de recomendações recebidas	QP15 Avalio que a quantidade de recomendações que recebi foi:		Escala Likert Quantitativa
	Opinião e sugestões	QP16 Professor(a), o que gostaria de ressaltar sobre as recomendações recebidas? Pode sugerir algo para ajustarmos as recomendações feitas?		Texto livre
Observações:	Cores são relativas ao índices, e permitem verificar coerência entre respostas: azul é relativo ao QC/SIL/PSQ; vermelho ao MTA; púrpura ao ISI/PSR/SPL; verde ao SCL			
	Escala Likert para Concordância (5 opções para questões obrigatórias, mas podem ser 4, se não forem): 1 (um) para discordo totalmente; 2 (dois) para discordo parcialmente; 3 (três) para não concordo nem discordo; 4 (quatro) para concordo parcialmente; 5 (cinco) para concordo totalmente			
	Escala Likert para Relevância: Nem um pouco úteis (1); Um pouco úteis (2); Mais ou menos úteis (3); Muito úteis (4); Extremamente úteis (5)			
	Escala Likert Quantitativa: Muito alta (recebi pelo menos o dobro de recomendações a mais do que o necessário); Alta (recebi em torno de 50% a mais das recomendações que considero necessárias); Suficiente (a quantidade foi boa, recebi entre 25% a mais ou a menos do necessário); Baixa (recebi em torno de 50% a menos das recomendações que considero necessárias); Muito baixa (deveria ter recebido pelo menos o dobro das recomendações que recebi)			
	Inicialmente o TCLE será disponibilizado pelo professor no fórum para que estudantes, além dele, assinem antes de começarem as atividades			
Haverá posteriormente uma pesquisa de opinião acerca da interação com a TE por parte de estudantes e professores				

APÊNDICE **B**

---

**Aspectos da abordagem metodológica  
desta pesquisa**



Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO

Descrição de Ferramentas Utilizadas

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: **Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

Versão de: **21/11/2023**

Nome	Descrição	Etapa	Observação
<a href="#">Cytoscape</a>	Realiza a Social Network Analysis (SNA) para registrar o número de interações entre os estudantes	Processamento de Recursos	Software livre usado, mas implementado em Python apenas sua funcionalidade
<a href="#">LIWC - Linguistic Inquiry and Word Count</a>	Implementa o PLN para contabilizar indicadores de questionamento	Identificação do Atributo da Mensagem	Alugada a versão 30-day, mas implementado em Python apenas sua funcionalidade
<a href="#">Tomotopy - Topic Modeling Tool Python Extension's</a>	Faz a modelagem de tópicos para identificar palavras-chave em mensagens de estudante	Detecção e Rastreamento de Tópicos	Software livre
<a href="#">JotForm</a>	Para criar, receber e analisar os questionários de avaliação preenchidos pelos participantes	Avaliação	Assinatura mensal partilhada com Denis e Newarney. Depois foi usada a licença gratuita
Streamlit	Framework de código aberto voltado para cientistas de dados colocarem em produção seus projetos	Desenvolvimento do SRE	Integra com os códigos no GitHub

**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Preparação dos Ambientes Utilizados**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: **Prof. Dr. Tel Amiel  
(UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**29/06/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b>Identificação dos Participantes</b>		
Planejamento do experimento	Componente curricular	Link para curso do Moodle
	Professor	Nome do(s) prof.(es)
	Curso	
	Período no curso	
	Qtd. estudantes	
	Conteúdo a ser abordado	
	Dias de aulas e encontros	
	Tipo de atividade no fórum	
	Periodicidade de tópicos	Semanal?
	Periodicidade para novas postagens	Antes de novos tópicos?
	Avaliação envolvida na atividade	
	Calendário Acadêmico	Link para o calendário
	Data p/ responder o TCLE	<a href="#">TCLE estudante</a> e <a href="#">professor</a>
	Datas p/ recomendações	
Data p/ responder a avaliação		
<b>Procedimentos com fórum de discussão no Moodle a fim de aplicar os cálculos</b>		
Ao criar o fórum	Preferencialmente definir o <i>Tipo de Fórum</i> como <i>Fórum Geral</i> , pois o ideal é que apenas o professor, tutor e monitor possam criar novo tópico	Isso direciona os estudantes a postarem respostas, mas, a depender da organização do professor ou tutor, o estudante poderá criar novo tópico
	É importante que o professor ou tutor crie um tópico específico para cada atividade	Assim pode organizar melhor onde se dará a discussão de cada atividade
	Nas postagens de professor evitar um formato de questionário, mas podendo incluir perguntas que promovam o debate. Nesse sentido, pode-se estabelecer ainda que os questionamentos dos estudantes serão respondidos apenas pelos colegas	Buscar evidenciar a percepção do fórum como um instrumento complementar para o registro do debate entre os estudantes sobre o tema/conteúdo, não um exercício de fixação
	Todos os estudantes devem ser adicionados como assinantes do fórum	Assim o Moodle vai enviar para o e-mail do participante tudo que for postado, além das mensagens privadas
	Talvez pudesse usar um grupo de WA para avisar sobre a disponibilização das recomendações, com o link da postagem da recomendação geral	Estimular um debate no fórum, não no WhatsApp
	Criar o tópico "Dicas e informações para aprender colaborando" e postar a <a href="#">1ª recomendação</a> na Mensagem	Após a primeira postagem do professor



**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Análise Conversacional: Pré-processamento**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coordenador: **Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**01/12/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b>Exportação do fórum de discussão a partir do Moodle</b>		
Verificar participantes, salvando arquivo em uma pasta do experimento	Criar pasta específica para o experimento, caso ainda não haja	Ex: <a href="#">Experimento 4 - IFGoiano</a>
	Conferir os participantes que preencheram os TCLEs	<a href="#">TCLE estudante</a> e <a href="#">professor</a>
	Se houver novo, baixar as planilhas e classificá-las pelo nome	Abriu no Excel
Obter o arquivo XLSX com a lista de estudantes, caso ainda não haja	Exportar o arq. no bloco Administração > Administração do curso e clicar em Usuários > Usuários inscritos	
	Ao final da lista Participantes selecionar Mostrar todos os NN (quantidade de participantes), caso haja	
	Marcar todos os participantes e desmarcar aqueles cujos Papéis não são Estudante	
	Ao final da lista, em "Com usuários selecionados..." escolher Microsoft Excel (.xlsx)	
	Exportar arquivo com nome que inclui o nome da disciplina. Depois repetir esse processo para exportar os Professores	Ex: <a href="#">Estudantes-SUAP006721-Mídias e Ferramentas Tecnológicas na EAD.xlsx</a>
	Abriu esse arq., classificar pelo Nome e Sobrenome e ajustar essas colunas	
Extrair fórum para iniciar o processo de monitoramento. Caso não haja postagem, iniciar pela planilha Recomendação	A partir do comando Exportar no bloco Administração do fórum	
	Format: MS Excel, formato a ser usado pelas ferramentas	<a href="#">XLSX</a> (tem <a href="#">CSV</a> , etc.)
	Opções de exportação: Remover HTML (retira endereços Web)	
	Exportar arquivo com nome sem espaços, que inclui: a data; ID do fórum; disciplina	Ex: <a href="#">Discussion-20230629_9908_SUAP006685...xlsx</a>
No arquivo XLSX exportado (A partir daqui várias atividades não são necessárias, quando usar EduColab)	Abriu arq. com Calc e excluir as colunas entre <i>message</i> e <i>wordcount</i>	Ou seja, da coluna K à R
	Aumentar a coluna J ( <i>message</i> ) para 16 cm e ajustar Altura ideal... das linhas	
	Excluir todos os caracteres: ' ' " \ / e <quebra de linha>, substituindo por <espaço> e depois substituir 2 espaços por 1 (precisa localizar até não haver mais)	Ctrl + H
Calcular o nível de colaboração, usando o arquivo Nível Colaboração_Cálculo.ods	Ordenar todas as mensagens pelo <i>id</i> , coluna A	Obs: estão classificadas por tópico ( <i>discussion</i> ), coluna B
	Fazer uma cópia do arquivo de cálculo do nível de colaboração	...Nível Colaboração_Cálculo.ods
	Renomear a cópia com início igual ao arquivo exportado	Ex: <a href="#">Discussion-20230703_9974_SUAP006721-Nível Colaboração_Cálculo.ods</a>
	Abriu esse arq. e copiar sem formatação <i>userid</i> e <i>userfullname</i>	Na planilha Participantes
	Classificar <i>userid</i> e <i>userfullname</i> em ordem crescente do nome (B)	Selecionar apenas as colunas A e B
	Excluir os <i>userid</i> e <i>userfullname</i> repetidos	E ordenar novamente
	Em <i>It's student</i> definir 1 para quem for estudante	Ver arq. de estd. exportado
	Em <i>Student signed TCLE</i> definir 1 para o estudante que tiver preenchido o TCLE	Ver arq. TCLE_Estudante
	Colar sem formatação os conteúdos de <i>id</i> , <i>discussion</i> , <i>parent</i> , <i>userid</i> , <i>message</i> , <i>wordcount</i>	Na planilha Forum
	Copiar sem formatação <i>Student Message</i> , inclusive o cabeçalho, para o XLSX exportado, a fim de usar no Cytoscape	
	Caso não seja a 1ª análise, copiar do ODS anterior as datas e SCL (s/ formatação) mensurados. Depois digitar a data atual da exportação	
	Salvar os arquivos ODS e XLSX	
Colar os resultados das ferramentas nas suas respectivas colunas (G a K)	Ocorrerá nas etapas a seguir	

**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Análise Conversacional: Identificação do Atributo da Mensagem -> Questioning Characterization (QC)**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel  
(UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**01/12/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b><u>LIWC - Linguistic Inquiry and Word Count</u> no Windows</b>		
<a href="#">Usar versão acadêmica</a>	Instalei e aluguei a versão de 30-day (rental)	<a href="#">Download</a>
	LIWC22-06E6E73A-DFE24D72-B2E44350-86EF208D	
Na aba Dataset	Marcar Treat Each Cell as a Separate Text	
	Selecionar a coluna MESSAGE	
Em Dictionary	Usar o LIWC2015 Dictionary - Brazilian Portuguese. dicx	<a href="#">Dictionary PT-BR</a>
Em Categories	Selecionar estas dimensões e categorias	
	Summary Dimensions: WC (Total words count)	
	Punctuations: QMark	
	Grammar others: interrog	
Gravar o resultado	Exportar arquivo Tipo XLSX	
<b>EduColab - Cálculo do QC</b>		
No arquivo XLSX exportado, gerado no Pré-processamento	Abrir XLSX com LibreOffice	
	Copiar sem formatação a coluna J para o Writer	
	Salvar o arq. modelagem_de_topicos/{forumId}.txt, Tipo: Texto-Escolha a codificação (*.txt)	
No arquivo foruns_mensagens.csv gerado	Abrir foruns_mensagens.csv no Calc, definir as colunas QC, ISI, MTA e SCL como Inglês Americano	
	Copiar sem formatação <i>wordcount</i> (WC) e QC	para a ...Nível Colaboração_Cálculo.ods
	Salvar apenas o ...Nível Colaboração_Cálculo.ods	
No arquivo do ...Nível Colaboração_Cálculo.ods	Observar se é o caso de ajustar a porcentagem de Question pending student's response (coluna R) em função de QC (L), para caracterizar pergunta de estudante	Ex: =SE(L12>0,09;SE(O12=0;SE(P12>0;1;0);0;0) => QC > 9%
<b><u>LIWC - Linguistic Inquiry and Word Count</u> em Python</b>		
No arquivo XLSX exportado, gerado no Pré-processamento	Abrir XLSX com LibreOffice, criar uma nova planilha e ajustar a coluna C desta	Selecionar coluna C e definir largura 16 cm
	Copiar para a nova planilha id e message, sem os cabeçalhos	Selecionar colunas A e J e copiá-las para as colunas A e C da nova planilha
	A coluna entre id e message deve conter :	2 pts. separa id (key) da mensagem
	Salvar o XLSX	
Criar arquivo TXT onde cada mensagem está em uma linha	Copiar <b>sem formatação</b> a nova planilha para o Writer	Propriedades: UTF-8 e CR. O nome do arquivo finaliza com _IDMsg.txt
	Caso haja caracteres não textuais, / e \, substituir por <espaço> e depois substituir 2 espaços por 1 (precisa localizar até não haver mais)	
	Substituir todas as ? por <espaço>?	
	Salvar > Texto - Escolha a codificação (.TXT)	
	Copiar o TXT para a pasta do prg.	<a href="#">.../CaracterizacaoQuestionamento/</a>
No programa liwc-analysis_io.py	Substituir o nome do TXT antigo pelo novo, em tudo	<i>Observar o comentário "Até a nova lista chaveada"</i>
	Executar a análise LIWC	Gera 3 arquivos CSV
Criar novo arquivo, com final_LIWC.xlsx	Abrir no Calc, com Separado por = Vírgula e Delimitador de texto = ", o arquivo resultante, cujo nome finaliza com LIWCcounts.csv	Há uma diferença entre WC feito pelo Liwc no Win. e Python, no Win. todos os carac. não texto, como # e *, não são contados. Então usar <i>wordcount</i> do arq. exportado
	Excluir as linhas das categorias não usadas, ficando apenas QMark, interrog	Excluir coluna A, linhas 3 à 35 e depois da 4 à 35
	Rodar a tabela, ou seja, criar uma nova planilha transpondo as categorias em colunas e as mensagens em linhas	<a href="#">Rodar tabelas (Transpor) - LibreOffice Help</a> Copiar todas as células. Na nova planilha, Editar > Colar especial > Colar especial... > Colar tudo e Transpor tudo

	Adicionar coluna WC, copiando <i>wordcount</i>	WC = <i>wordcount</i> (K) do arq. exportado
	Outra coluna p/ calcular a porcentagem de QMark	QMark % =B2/\$D2, formatar como %
	Outra coluna p/ calcular a porcentagem de interrog	interrog % =C2/\$D2, formatar como %, ou arrastar o autocomplemento de QMark e autocompletar as demais linhas
	Excluir a planilha original e <b>Salvar como XLSX</b>	O nome do arq. finaliza com <u>_LIWC.xlsx</u>
	Guardar cópias dos arquivos resultantes no G.Drive	<a href="#">Pasta</a>
No arquivo do ...Nível Colaboração_Cálculo.ods	Copiar sem formatação os valores de WC e QMark na planilha Forum. As mensagens estão na mesmo ordem, podendo colar todos os valores de uma vez	Se QMark estiver como %, então QC =H12/100, mas geralmente não precisa
	Observar se é o caso de ajustar a porcentagem de Question pending student's response (coluna R) em função de QC (L), para caracterizar pergunta de estudante	Ex:=SE(L12>0,09;SE(O12=0;SE(P12>0;1;0);0);0) => QC > 9%
	Copiar o arq. XLSX para a pasta do experimento	
Na implementação do EduColab	Considerando a falha no módulo para cálculo de <i>Totalwords</i> , a falta de atualização do módulo <i>liwcanalysis</i> e que apenas o <i>QMark</i> se mostrou suficiente, resolvi não implementar o <i>liwc</i> , mas programar o cálculo diretamente do <i>QC</i> , usando <i>wordcount</i> presente na extração do fórum do Moodle	

**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Análise Conversacional: Processamento de Recursos -> Identification of Students' Interactions (ISI)**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

24/11/2023

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<u><a href="#">Cytoscape</a></u>		
Importação da rede pelo XLSX exportado, incluindo a coluna <i>Student Message</i>	Importar rede pelo arq. XLSX exportado, pelo botão Import Network from File System	Copiar nome do arq. antes de abrir
	Retirar a seleção de todos: <i>Select None</i>	<i>Not imported</i> para colunas
	Origem: <i>parent</i> , quando importar apenas um fórum	
	Destino: <i>id</i>	
	Atributo da origem: <i>discussion; subject</i>	
	Atributo do destino: <i>message</i>	
Visualizar mensagens de estudantes	Filter > Column Filter > Student Message (Peso) is <i>between 1 and 1</i>	Apply
Organizar leiaute	Layout > Yfiles Organic Layout	Na 1ª vez vai solicitar instalação pelo navegador
Analisar a rede	Tools > Analyze Network	<u><a href="#">Analyzer</a></u>
Gerar arquivo CSV	Node Table > Export Table to File...	O nome dos arqs. finalizam com <i>_Cytoscape.csv / cys</i>
Gravar o arquivo CYS	<i>Save Session</i> ou fechar o Cytoscape, salvando o CYS	
Abrir o arquivo CSV no LibreOffice	Cj. caracteres Unicode UTF-8, Separado por = Vírgula	
	Coluna <i>BetweennessCentrality</i> como Inglês Americano	Tipo de coluna
	Ordenar pela coluna <i>Name (J)</i> , como na <i>id</i> original	
Obs: o valor que importa é apenas o Degree	Copiar sem formatação <i>Degree</i> e <i>BetweennessCentrality</i> para o ODS, exceto quando <i>name</i> = 0 ou vazio	Para arq. ...Nível Colaboração_Cálculo.ods
	Após fazer testes e comparações, decidi não me preocupar com:	
	Parent Post, que é = parent, exceto quando = 0, sendo nesse caso = id [=SE(C2=0;\$A\$2;C2)]	O fórum pode aceitar que os estudantes criem tópicos
	Isso ocorre sempre que se cria um novo tópico	
<u><a href="#">Cytoscape em Python</a></u>		
Pré-requisito	É preciso instalar e executar o próprio Cytoscape para o py4cytoscape funcionar. Por isso não esse módulo não foi usado	<u><a href="#">Launching Cytoscape</a></u>
<b>EduColab - Cálculo do OD, WDC e ISI</b>		
No arquivo foruns_mensagens.csv gerado	Abrir foruns_mensagens.csv no Calc, definindo as colunas <i>QC, ISI, MTA e SCL</i> como Inglês Amr.	
	Copiar sem formatação o <i>OD</i> para a planilha e conferir os valores calculados para <i>WDC e ISI</i>	...Nível Colaboração_Cálculo.ods
	Salvar apenas o ...Nível Colaboração_Cálculo.ods	

**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Análise Conversacional: Detecção e Rastreamento de Tópicos -> Main Topic Approached (MTA)**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**01/12/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b><u>Tomotopy - Topic Modeling Tool Python Extension's</u></b>		
Copiar sem formatação as mensagens do XLSX exportado para o Writer	Caso haja caracteres não textuais, substituí-los por <espaço> e depois substituir 2 espaços por 1 (localizar até não haver mais)	Propriedades: UTF-8 e CR. O nome do arq. finaliza com _Msg.txt
	Salvar como Texto - Escolha a codificação (.TXT)	
	Copiar TXT para a pasta .../AJ_Python/AbordagemTopicos/	
Abrir programas corpus_and_inference.py ctm_network_labeling_inference.py	Localizar e substituir o nome do arquivo TXT nos códigos LDA e CTM	Spyder: Ctrl + R
	Observar a Média WC no ODS a fim de decidir se será melhor LDA ou CTM: se a média de palavras por documento for $\geq 50$ , houver interesse em relações complexas entre tópicos e o nº de tópicos for $< 60$ , é indicado <b>usar CTM</b>	<a href="#">Média WC, na célula G69</a> <a href="#">A review of topic modeling methods</a>
Gerar resultados obtidos por meio de Latent Dirichlet Allocation (LDA)	Corpus_and_inference com k=20, min_df=5, rm_top=0: melhor resultado dessa solução, onde há a porcentagem de palavras na mensagem associadas a cada tópico, informação relevante para definir o nível de aderência da mensagem ao tópico principal (doc.get_topic_dist())	Quando há poucas postagens ocorre um erro de <i>distribution</i> , sendo importante reduzir min_df para a quantidade de estudantes que postaram
Gerar resultados obtidos por meio de Correlated Topic Model (CTM)	CTM_network_labeling_inference com min_df=5, rm_top=0, k=10: melhor resultado obtido após acrescentar nos códigos que apresentaram melhores resultados a porcentagem de palavras na mensagem associadas a cada tópico e a probabilidade da importância de cada termo por tópico	Depois de executar é importante voltar para min_df=5 pras próximas modelagens
Nos arquivos gerados	Comparar os 2 resultados por LDA e CTM	
	Observar se é necessário incluir alguma palavra em stopwords. Se for, abrir o arq. e incluir a palavra na coluna Extend NLTK. Depois copiar do arq. CSV para os prgs., em <i>portuguese_newstprwds</i>	Stopwords_Portuguese.ods, copiar p/ planilha NLTK_Extend e gerar NLTK_Extend.csv
	Verificar se todas as mensagens foram processadas, pode ocorrer falha como DeprecationWarning: invalid escape sequence 'A'	Abrir arq. Msg.txt e excluir VA pelo Modo de pesquisa = Expressão regular
	Guardar cópias dos arquivos resultantes no G.Drive	<a href="#">Pasta</a>
No ODS de cálculo do nível de colaboração	Colar nome do arquivo TXT resultante em Fórum	Com isso identifica também o método usado
	Abrir arq. gerado no editor de texto e ver Total Words/Num words, no início, para informar Total termos no corpus	
	Colar sem formatação tópico mais relevante em <Topics> para Tópico principal, com a quantidade	Ex: #8 (61)
	Colar sem formatação as 5 primeiras palavras e suas proporções, estas como Inglês Americano, do Tópico principal para "Termos mais relevantes no tópico com maior $\phi$ "	
	Copiar sem formatação as proporções para $\phi(z)$	Depois apagar as 1ª
	Copiar em novo TXT apenas as proporções do Tópico principal em cada linha	
	Colar sem formatação para <i>Proportion of topic <math>\theta(d)</math></i> as proporções como Inglês Americano	Inclusive no formato científico como 4.995e-01
	Conferir na última linha Data, da exportação do fórum, e SCL (Students Collaboration Level)	
Salvar ODS (que está na pasta do experimento)	Ex: <a href="#">Pasta</a>	
<b>EduColab - Cálculo do MTA</b>		
Cópia das mensagens do XLSX exportado para o Writer já feita na Identificação do Atributo da Mensagem	Antes de executar o EduColab, salvar na pasta modelagem_de_topicos o arq. c/ nome <ForumID>.txt	Propriedades: UTF-8 e CR. O nome do arq. finaliza com _Msg.txt
	Caso haja caracteres não textuais, substituí-los por <espaço> e depois substituir 2 espaços por 1 (localizar até não haver mais)	
	Salvar como Texto - Escolha a codificação (.TXT)	
	Copiar TXT para a pasta .../AJ_Python/AbordagemTopicos/	
No arquivo foruns_mensagens.csv gerado	Abrir foruns_mensagens.csv no Calc, definir as colunas QC, ISI, MTA e SCL como Inglês Amer.	
	Copiar sem formatação o MTA para a planilha e conferir os cálculos feitos para o SCL	...Nível Colaboração_Cálculo.ods
	Copiar o IdentificaForum no EduColab para o ODS	

No ODS de cálculo do nível de colaboração	Colar sem formatação os 5 termos do arq. foruns_analisados.csv para "Termos mais relevantes no tópico com maior $\varphi$ "	
	Conferir na última linha Data, da exportação do fórum, e SCL (Students Collaboration Level)	
	Salvar apenas o ...Nível Colaboração_Cálculo.ods	Ex: <a href="#">Pasta</a>
	Abrir <i>cl</i> o Calc o arq. foruns_estudantes_analisados.csv, com <i>MaxSCL</i> Est <i>d</i> , <i>PorcQuestoes</i> Est <i>d</i> e <i>PorcRetornos</i> Est <i>d</i> <i>Colegas</i> como <i>Ing. Amr.</i> , e conferir esses valores além do <i>TotalMenssagens</i> Est <i>d</i>	

## Avaliação das Recomendações

### Disponibilização das Recomendações

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coordenador: **Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**27/11/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b>Recomendação para Incentivar os Estudantes a Iniciarem a Participação</b>		
Verificar participantes, iniciando aqui quando não for analisar o fórum	Conferir os participantes que preencheram os TCLEs. Se houver novo, atualizar as planilhas	<a href="#">TCLE estudante</a> e <a href="#">professor</a>
Solicitação aos professores participantes	Agradecer e pedir divulgação aos estudantes das turmas em que atuam	
	No gerenciador de email, montar a recomendação e enviá-la	<a href="#">Instrumentos</a> : RP00
	Ao final, acrescentar assinatura	
Divulgação e solicitação aos estudantes que ainda não são participantes	Acessar Administração > Administração do curso e clicar em Usuários > Usuários inscritos	
	Ao final da lista Participantes selecionar Mostrar todos os NN (quantidade de participantes), caso haja	
	Marcar todos os participantes e desmarcar aqueles cujos Papéis não são Estudante	
	Classificá-los pelo Nome e desmarcar aqueles que são participantes	Ver <a href="#">TCLE estudante</a>
	Ao final da lista, em "Com usuários selecionados..." escolher Enviar uma mensagem	
	Montar a recomendação em editor de texto, colar no AVA e enviar	<a href="#">Instrumentos</a> : RE00
	Ao final, acrescentar assinatura	
<b>Recomendações Gerais Enviadas por E-mail a Todos os Participantes</b>		
Enviar recomendações gerais com mensagens de estudantes, a fim de sugerir opções para motivar a participação	Colar a 1ª linha das mensagens com seus links, conforme classificações abaixo. Para copiar o link pesquisar no Moodle, em Mensagens, o nome do estudante e acessar seu relatório para ver suas "Mensagens do fórum"	Colar em um TXT o id das mensagens já indicadas a fim de não repeti-las
	A mensagem completa consta na planilha Recomendação Estudante, iniciando com Olá, estudante...	<a href="#">Instrumentos</a>
	Você pode responder Você pode debater Você pode colaborar mais Esse texto é base para todos os e-mails seguintes, é interessante criar um modelo como rascunho	Negrito seguido de listas com marcadores
	No arq. ODS classificar as mensagens de forma decrescente primeiro pela coluna F, Chave de ord. 1, e depois pelo respectivo índice, Chave de ord. 2	
	Colar em CCO todos os estudantes da turma que consentiram participar	
	No caso de respostas copiar o Link direto, cujo final do endereço é sempre d=66980#p123442	Após d= é o id do tópico (discussion) e após p é o id da mensagem
	Ao final, acrescentar assinatura, com este link p/ <a href="#">divulgação estudantes</a>	
	Fechar ODS sem salvar	
<b>Recomendações Personalizadas Enviadas por E-mail a Cada Participante</b>		
Para cada estudante participante que postou no fórum	Elaborar a mensagem que inicia com Olá, estudante... (RE06)	Planilha Recomendação Estudante em <a href="#">Instrumentos</a>
	Atualizar as informações entre colchetes da recomendação inicial (RE06) Esse texto é base para todos os e-mails seguintes, é interessante criar um modelo como rascunho	
	Para essas recomendações basta colar sem formatação do ODS cada <i>Recommendation to Student</i> 7, 8 e 9 ou 10, em lista com marcadores	Pegar e-mail no arq. de estudantes participantes
	Ao final, acrescentar assinatura	Ex: <a href="#">e-mail</a>
Todos os professores participantes que atuam no fórum	Elaborar a mensagem conforme a recomendação RP02 ou RP01, caso não tenha havido nova postagem, e RP03, caso haja menos de 10% de estudantes da turma que aceitaram participar	Planilha Recomendação Professor em <a href="#">Instrumentos</a>
	Atualizar as informações entre colchetes Esse texto é base para todos os e-mails seguintes, é interessante criar um modelo como rascunho	
	No caso das recomendações com informações, colar do ODS cada <i>Recommendation to Teacher</i> , de 5 a 8	



no forum	Para a última recomendação colar no arquivo TXT: - as datas e médias dos SCLs da planilha Forum - os valores das colunas B e G, username e Maximum student SCL, exceto os valores de professor, da planilha Participantes Ao final, acrescentar assinatura, com este link p/ <a href="#">divulgação tutores</a>	Exs: <a href="#">e-mail:</a> <a href="#">e-mail RP03</a>
Em todas os e-mails para estudantes acrescentar assinatura	--- <a href="#">EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão</a> Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO Doutorando: Antônio Justiniano de Moraes Neto Orientadora: Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)	
Em todas os e-mails para professores acrescentar assinatura	--- <a href="#">EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão</a> Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO Doutorando: Antônio Justiniano de Moraes Neto Orientadora: Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes Coorientador: Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)	



**Universidade Federal de Uberlândia/FACOM/PPGCO**

**Avaliação dos Resultados**

Projeto de Pesquisa: **EduColab: SRE para Promover a Colaboração em Fóruns de Discussão**

Orientadora: **Prof.ª Dr.ª Márcia Aparecida Fernandes**

Coordenador: **Prof. Dr. Tel Amiel (UnB/FE/PPGE)**

Pesquisador: **Antonio Justiniano de Moraes Neto**

**04/12/2023**

Objetivo	Descrição	Referência / Obs.
<b>Uso do JotForm para realizar as avaliações de estudantes e professores</b>		
Disponibilizar as recomendações aos participantes no formulário	Criar uma cópia do XLSX do <a href="#">TCLE</a>	..._Questionário_JotForm.xlsx
	Deixar apenas as colunas Nome e E-mail, excluir as demais	
	Classificar as linhas pelo Nome	
	Incluir as colunas Fórum de discussão e Recomendação 2 até Recomendação 5, com autocomplemento	
	Largura dessas colunas = 8 cm / 30 p e definir a quebra Moldar o texto	
	Em Fórum de discussão colocar o link do fórum	
	Nas demais colunas copiar sem formatação as últimas recomendações individuais	da última planilha de cálculo
	Classificar pela Recomendação 2 e excluir os estudantes que não receberam recomendações personalizadas	
Usando um e-mail, fazer o teste de confirmação	no JotForm	
Configurar as questões no JotForm, apenas uma vez	Editar os questionários	<a href="#">do estudante</a> , <a href="#">do professor</a>
	Fazer login com a conta compartilhada no Firefox, em janela comum	
	Criar os campos Texto Longo com os mesmos rótulos do cabeçalho das colunas	
	Definir esses campos como somente leitura	
	Em Configurações, configurar Idioma do Formulário	Portuguese (Brazil)
Incluir o Widget Planilha para Formulário	O campo-chave chamará e-mail, escrito de forma igual no XLSX	<a href="#">Planilha para Formulário</a>
	Fazer o upload do XLSX no campo-chave, que vai trazer os dados de cada linha	botão Configurações do Widget
	A Coluna de Código de Acesso deve ser a coluna-chave para recuperar os dados	Endereço de e-mail
	Definir Limpar os campos quando inválido = Não	Essas configurações acontecem apenas uma vez
	Definir os 'Textos':	
	- do Botão: Mostrar Recomendações	
	- de Código Válido: As recomendações foram resgatadas para facilitar sua avaliação! Observe que as informações podem estar desatualizadas, se tiverem sido coletadas antes das suas últimas postagens no fórum.	
	- de Código Inválido: Não foi possível encontrar as últimas recomendações.	
Enviar o Valor do Campo de Entrada = Sim para gravar o e-mail. Quando isso acontece, o respondente recebe uma cópia da sua resposta, como neste <a href="#">e-mail</a>		
Testar e definir a Altura dos campos Texto Longo		
No campo Fórum de discussão	Em Propriedades > Avançado > Valor Padrão atualizar o link do fórum. Se houver vários fóruns, deixar apenas o link do AVA	
Solicitar preenchimento do questionário a estudantes e professores	Em Publicar, percebi que o JotForm envia a mensagem em inglês com um link que solicita login. Então <b>enviar apenas por e-mail</b> , conforme planilha <a href="#">Avaliação Professor</a>	<a href="#">do estudante</a> , <a href="#">do professor</a>
	Em Compartilhamento Rápido, copiar o link para enviar solicitação	por e-mail, usando CCO
	Solicitação aos estudantes Assunto: Pedido de Avaliação das Recomendações Recebidas	Montar a mensagem como rascunho. Ex: <a href="#">e-mail</a>
	Solicitação ao professor Assunto: Solicitação de Avaliação das Recomendações Recebidas	Montar a mensagem como rascunho. Ex: <a href="#">e-mail</a>
Criar documentos de avaliação das	Ao final, acrescentar assinatura, que está na planilha Recomendação	
	Criar Relatório > Criador de Relatórios Visuais	Jotform
	Excluir slides desnecessários	
	Editar e conferir a quantidade de slides	
Exportar XLSX e PDF, conferindo este para ajustes no PDF		

avaliação das recomendações	Criar uma cópia da <a href="#">planilha de avaliação das recomendações</a> , movê-la para a pasta do experimento e renomeá-la	Ex. <a href="#">IFGoiano_Questionário Estudantes-202307...</a>
	Preencher a planilha com os dados do XLSX exportado, das recomendações e dos fóruns	
	Destacar em negrito os valores mais relevantes	
Divulgar os resultados das avaliações	Compartilhar os documentos PDFs e planilha de avaliação	
	Enviar docs. e solicitar reunião para debater os resultados	



APÊNDICE **C**

---

**Exemplo de cálculo dos índices e do  
nível de colaboração por postagem e  
por estudante**

Discussion Forum		LWC		Cytoscape	Tomotopy	Índices e Nivel de Colaboração por Postagem						To make recommendations				
id	userid	WC	QMark	Degree	$\theta(d)$	QC	OD	WDC	ISI	MTA	SCL	Question pending student's response	Student's question	Id student message	Student's return to a colleague's message	Number of student returns to this colleague's message
121080	11239	67	2.99	7	0.135	0.030	6	6	1	0.135	NA	0	NA	NA	NA	NA
121392	11090	23	0	1	0.045	0.000	0	0	0	0.045	0.015	0	0	121392	0	0
122659	11087	65	0	1	0.247	0.000	0	0	0	0.247	0.082	0	0	122659	0	0
122729	11092	92	0	2	0.296	0.000	1	1	1	0.296	0.432	0	0	122729	0	1
122910	11090	24	0	1	0.100	0.000	0	0	0	0.100	0.033	0	0	122910	1	0
122916	5328	85	0	1	0.335	0.000	0	0	0	0.335	0.112	0	0	122916	0	0
122921	11093	54	0	1	0.032	0.000	0	0	0	0.032	0.011	0	0	122921	0	0
122923	11089	121	0	1	0.166	0.000	0	0	0	0.166	0.055	0	0	122923	0	0
122947	11088	138	0	1	0.367	0.000	0	0	0	0.367	0.122	0	0	122947	0	0
123000	11239	69	5.8	6	0.053	0.058	5	5	1	0.053	NA	0	NA	NA	NA	NA
123011	11090	47	0	1	0.029	0.000	0	0	0	0.029	0.010	0	0	123011	0	0
123484	11087	106	0	1	0.146	0.000	0	0	0	0.146	0.049	0	0	123484	0	0
123687	11093	123	0	1	0.109	0.000	0	0	0	0.109	0.036	0	0	123687	0	0
123690	11089	92	0	1	0.176	0.000	0	0	0	0.176	0.059	0	0	123690	0	0
123697	5328	55	0	1	0.040	0.000	0	0	0	0.040	0.013	0	0	123697	0	0
124480	11239	76	2.63	2	0.324	0.026	1	1	1	0.324	NA	0	NA	NA	NA	NA
124484	11090	24	0	1	0.045	0.000	0	0	0	0.045	0.015	0	0	124484	0	0

userid	Total participant messages	Perc. of Student's Messages (PSM)	MTA average	SCL average	Maximum SCL (MaxSCL)	Number of student's questions	Perc. of Student's Questions (PSQ)	Student's Inducement Level (SIL)	Number of student's returns to a colleagues' messages	Perc. of Student's Returns (PSR)	ISI average	Student's Participation Level (SPL)
5328	2	14.29%	0.188	0.063	0.112	0	0.0%	0.048	0	0.0%	0	0.048
11087	2	14.29%	0.196	0.065	0.082	0	0.0%	0.048	0	0.0%	0	0.048
11088	1	7.14%	0.367	0.122	0.122	0	0.0%	0.024	0	0.0%	0	0.024
11089	2	14.29%	0.171	0.057	0.059	0	0.0%	0.048	0	0.0%	0	0.048
11090	4	28.57%	0.055	0.018	0.033	0	0.0%	0.095	1	25.0%	0	0.179
11092	1	7.14%	0.296	0.432	0.432	0	0.0%	0.357	0	0.0%	1	0.357
11239	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11093	2	14.29%	0.071	0.024	0.036	0	0.0%	0.048	0	0.0%	0	0.048

1A **P**ÊNDICE C. *Exemplo de cálculo dos índices e do nível de colaboração por postagem e por estudante*

---

## Produções Bibliográficas

Neste apêndice constam as produções bibliográficas diretamente citadas neste documento, facilitando assim o acesso pelos interessados durante a leitura deste.

### **D.1 Análise Conversacional para Recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD**

O artigo a seguir contém a revisão sistemática de literatura feita a partir das questões desta pesquisa.



## **Chatbot e Análise Conversacional para Recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD**

**Antônio J. Moraes Neto<sup>1</sup>, Márcia A. Fernandes<sup>2</sup>, Tel Amiel<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Secretaria de Estado de Educação do DF (SEEDF) – Brasília, DF – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia, MG – Brasil

<sup>3</sup>Universidade de Brasília (UnB) – Brasília, DF – Brasil

antonio.neto@ifb.edu.br, marcia@ufu.br, amiel@unb.br

**Abstract.** *Conversational agents have been considered for providing support to distance learning. Moreover, since these agents can suggest interactions among students in a Virtual Learning Environment (VLE), they can contribute for the collaborative learning, an important aspect to improve online education. Then, this article presents a systematic literature review that intends to answer questions related to such agents, collaborative learning and Conversational Analysis (CA). The results indicated that the area is promising, and it is possible to point out applications of Artificial Intelligence in Education, such as a CA strategy to identify collaboration in VLE and possibilities for chatbot's intervention in favor of collaborative learning.*

**Resumo.** *Agentes conversacionais têm sido usados para fornecer suporte à Educação a Distância. Estes podem sugerir interações entre estudantes em Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), contribuindo à aprendizagem colaborativa, um aspecto importante para melhorar o ensino-aprendizagem on-line. Esta revisão sistemática de literatura pretende responder questões relacionadas a tais agentes, aprendizagem colaborativa e Análise Conversacional (AC). Os resultados indicaram que a área é promissora, apontando para aplicações da Inteligência Artificial na Educação, como uma estratégia de AC para identificar a colaboração em AVA e possibilidades de intervenção do chatbot em prol da aprendizagem colaborativa.*

### **1. Contextualização**

Aprendizagem colaborativa apoiada por computador, em inglês *Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL)*, teve origem nas pesquisas de *Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)*, que desde os anos 80 buscou incorporar ações colaborativas e design participativo como parte de sistemas em ambiente de trabalho. Nessa linha, CSCL propõe o desenvolvimento de novas aplicações que propiciem a aprendizagem em grupo e que ofereçam atividades criativas de exploração intelectual e interação social, tendo surgido nos anos 1990 como contraponto à aprendizagem isolada baseada na perspectiva de computador pessoal. Na aprendizagem colaborativa estudantes não dependem somente da interação direta com conteúdo e docentes, ampliam-se as possibilidades pela conexão aluno-aluno. Assim, aprendem através de suas dúvidas e interesses, ensinando um ao outro, ao mesmo tempo em que podem

visualizar como os outros estão aprendendo e suas dificuldades, o que demanda um suporte computacional orientado à interação produtiva de forma motivadora, em um contexto que “requer planejamento estratégico, coordenação e a implantação de currículo, pedagogia e tecnologia apropriados” [Stahl et al. 2006 p. 2]. Portanto, um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) para oferecer tal suporte deve, além de integrar recursos de comunicação, oferecer apoio à colaboração entre participantes.

Um agente conversacional, também conhecido como *chatbot*, pode gerar um diálogo com o aprendiz, instigando-o, por exemplo, a acessar certos conteúdos em uma atividade educativa. O *chatbot* é responsável por realizar uma conversa inteligente, falada ou escrita, com um ou mais humanos, mas há lacunas quanto à sua capacidade de reconhecer o contexto de uma conversa entre pessoas. Então, pode ser promissor incluir aspectos fundamentais da Análise Conversacional (AC) na arquitetura de um *chatbot*, permitindo sistematizar as características da conversação on-line em ambientes virtuais. Tal forma de conversa é construída pelos interagentes nesses ambientes, por meio de uma tecnologia de suporte à linguagem, estabelecendo “um contexto comum que precisa ser negociado pelos participantes na ferramenta” [Recuero 2012 p. 2].

A AC oferece uma forma de analisar o entendimento produzido por meio da interação, concentrando-se nos métodos pelos quais os interagentes constroem sentido colaborativamente, com o objetivo de produzir um relato de como a compreensão foi alcançada na conversa [Koschmann 2013]. Uma abordagem metodológica de AC pode avaliar tanto a estrutura, conteúdo, papéis e relacionamentos nas trocas de turnos das conversas, quanto as funções discretas dessas trocas, “como interações sociais, entendimento compartilhado e cognição distribuída” [Abraham et al. 2016 p. 77].

A caracterização da conversa on-line proporcionada pela AC pode ser adotada em AVA para definir onde está havendo interação social, indicando possibilidade de colaboração, ou onde não há interação, mas poderia haver a fim de promover a aprendizagem colaborativa. A partir disso, o *chatbot* então seria capaz de instigar o debate entre estudantes em um AVA e, constatando a interação ou ausência desta, de indicar ao professor onde poderia ocorrer a colaboração. A fim de investigar outras pesquisas cujos resultados contribuam para aclarar tais hipóteses, este artigo foi desenvolvido como uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL).

## 2. Metodologia da Pesquisa

Conforme proposto por [Kitchenham 2004], esta RSL está dividida nas etapas planejamento, execução e resultados, tendo como objetivo analisar os retornos das buscas sobre os temas *chatbot*, AC e aprendizagem colaborativa no contexto da EaD.

### 2.1. Planejamento

A questão de pesquisa (QP) principal foi estabelecida a partir do objetivo desta RSL, mas para apoiar a elaboração da sua resposta foram definidas ainda outras três QPs.

- QP principal: A adoção de agente conversacional com análise conversacional pode realizar a recomendação da aprendizagem colaborativa na EaD?
- QP1: Como agentes conversacionais são utilizados com análise conversacional em ambientes virtuais?

- QP2: Quais as evidências existentes de que um agente conversacional pode promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais?
- QP3: Como um agente conversacional pode atuar como sistema de recomendação, mantendo a autonomia em contexto da EaD?

Foram realizadas buscas por artigos científicos, publicados entre 2009 e 2020, com a data limite de 28/04/2020, nas bases ACM Digital Library, Directory of Open Access Journals (DOAJ), IEEE Xplorer Digital Library, Scielo, ScienceDirect e Springer, pois possuem mecanismos de busca *online* que permitem filtros e contêm artigos revisados por pares relacionados às áreas de conhecimento abordadas: Computação, Educação e Comunicação Social. As buscas foram feitas nos idiomas Espanhol, Francês, Inglês e Português, mas os trabalhos identificados estavam exclusivamente em inglês, para as quais foram usados os termos descritos na Tabela 1.

**Tabela 1. Termos usados nas buscas em inglês [autoria própria]**

<b>Tópico</b>	<b>Termos de busca</b>
Agente conversacional	<i>("conversational agent" OR chatbot OR chatterbot) AND</i>
Análise conversacional	<i>(conversation* AND analysis) AND</i>
Aprendizagem colaborativa	<i>("collaborative learning" OR "online collaboration") AND</i>
Sistema de recomendação	<i>(recommend* AND system) AND</i>
Educação a distância	<i>("learning management system" OR LMS OR "virtual learning environment" OR VLE OR e-learning OR "distance education")</i>

Os critérios para inclusão e exclusão de trabalhos foram definidos considerando as QPs, sendo incluídos aqueles que abordam: (1) o uso de agentes conversacionais com AC em ambientes virtuais; (2) as formas de um *chatbot* promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais; (3) a adoção de um agente conversacional como sistema de recomendação, mantendo a autonomia em contexto da EaD; e (4) a adoção de *chatbot*, AC, aprendizagem colaborativa e sistema de recomendação. Os trabalhos foram excluídos quando: (1) o texto completo não estiver disponível para acesso pela internet; (2) não for artigo de periódico ou conferência; e (3) for RSL com artigos que foram publicados anteriormente ao período pesquisado.

## 2.2. Execução

A segunda etapa da RSL inclui identificação, seleção e extração dos artigos. A identificação executa o planejamento e obtém a lista de trabalhos. A seleção dos artigos observa a pertinência de cada trabalho, por meio da análise do título, palavras-chave e resumo. A partir dos artigos selecionados são extraídos aqueles a serem lidos integralmente, desde que atendam aos critérios de inclusão e não contemplem os de exclusão. Na Tabela 2 constam os números das bases de pesquisa que permitiram identificação, não havendo retorno em DOAJ, IEEE Xplorer Digital Library e Scielo.

Foram identificados quarenta e sete trabalhos a partir dos termos de busca na Tabela 1. Em três das seis bases pesquisadas foram selecionados quinze artigos por contemplarem ao menos um dos quatro critérios de inclusão. Seis artigos selecionados

não foram extraídos devido aos critérios de exclusão, dois a partir do primeiro, três considerando o segundo e um relacionado ao terceiro. Foram extraídos nove artigos com os critérios de inclusão, sendo dois para o primeiro [Procter et al. 2018; Uthus and Aha 2013], dois a partir do segundo [Hayashi 2019; Tarouco et al. 2018], três devido ao terceiro [Liu et al. 2019; Pons Lelardeux et al. 2017; Schouten et al. 2017] e dois considerando o quarto [Tawfik et al. 2020; Zawacki-Richter et al. 2019].

**Tabela 2. Resultado da etapa de execução [autoria própria]**

Fonte	Identificação	Seleção	Extração
<u>ACM Digital Library</u>	12	1	0
<u>ScienceDirect</u>	8	2	2
<u>Springer</u>	27	12	7
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>15</b>	<b>9</b>
<u>Google Acadêmico</u>	188	10	0

Visando maior amplitude dos resultados, as buscas foram realizadas no período de onze anos e complementarmente no Google Acadêmico, o qual permitiu a identificação de outros trabalhos além daqueles identificados inicialmente nas bases citadas, resultando na seleção de mais dez artigos, dos quais nenhum foi extraído.

### 2.3. Resultados

Pode-se afirmar que são escassos os trabalhos correlatos à adoção de agente conversacional com AC para a recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD, fato que indica ser apropriado incluir neste trabalho apontamentos para novas perspectivas de aplicação da IA na Educação (IAED), a partir desta RSL.

### 3. *Chatbot* e AC para Recomendar a Aprendizagem Colaborativa na EaD

Ferramentas e serviços baseados em IA têm alto potencial para apoiar estudantes, professores e administradores durante o ciclo de vida do aprendiz, propiciando aprendizagem flexível, interativa e personalizada, aliviando professores de encargos para dedicarem-se mais à sua tarefa principal: o ensino humano empático [Zawacki-Richter et al. 2019]. *Chatbots* podem desempenhar um papel relevante na EaD, sendo uma Tecnologia Educacional (TE) que permite a aceleração e personalização do processo de aprendizagem, além de facilitar e enriquecer o AVA [Liu et al. 2019].

Quanto ao *chatbot* como ferramenta pedagógica, [Zawacki-Richter et al. 2019] indicaram que aplicativos inteligentes oferecem oportunidades para o design de sistemas e para o apoio à aprendizagem em ambientes adaptáveis e personalizados. Apontam algumas lacunas como a quase ausência de reflexão crítica sobre desafios e riscos, a fraca conexão com perspectivas pedagógicas teóricas e a necessidade de maior exploração de abordagens éticas e educacionais na aplicação da IAED. Desta maneira, enfatizaram que essa área da TE deve também abordar as dimensões pedagógicas, éticas, sociais, culturais e econômicas. Nessa perspectiva e com base nos resultados

desta RSL, seguem as QPs com as suas respostas, iniciando pelas mais específicas.

### **QP1: Como agentes conversacionais são utilizados com AC em ambientes virtuais?**

[Uthus and Aha 2013] apontaram que as mensagens de bate-papo possuem características que diferem de outras formas de comunicação de texto, como o uso frequente de abreviações, acrônimos, palavras cortadas, exclusão de pronomes do sujeito da frase, emoticons, abreviação de nome de usuário, remoção de vogais para reduzir o número de pressionamentos de tecla e o uso criativo de letras maiúsculas e minúsculas, ortografia e pontuação para expressar voz, gesto e tom. Observam que a gramática do bate-papo é comparativamente informal e não estruturada, em comparação com o texto tradicional, com os usuários envolvidos em um tom de conversa.

Outra peculiaridade é o bate-papo com múltiplos participantes, que é constituído de segmentos de conversa emaranhados, dificultando a análise das mensagens, se comparado com outros meios semelhantes como microblogs, SMS e mensagens instantâneas. Dessa maneira, [Uthus and Aha 2013] afirmaram que há novos desafios que dificultam a aplicação das técnicas tradicionais de análise das formas típicas da comunicação escrita ao bate-papo com múltiplos participantes, descrevendo então técnicas de IA aplicadas em pesquisas para a AC de chat.

Os autores debatem a importância das pesquisas para AC de chat, dentre as quais aquelas voltadas para a EaD, destacando que os estudantes mantêm mais o foco no que está sendo discutido, o que exige esforço dos professores para diminuir o tempo destinado à explicação a fim de privilegiar a interação no AVA. Considerando que as técnicas tradicionais são insuficientes para a análise de bate-papo com múltiplos participantes, [Uthus and Aha 2013] citaram investigações em IA que criaram inovações técnicas como: o processamento de recursos da sala de bate-papo a fim de aproveitar informações adicionais sobre estas, sendo usado para encontrar relacionamento entre as mensagens e assim determinar as trocas de turno e detectar o assunto em debate; o desembaraço de segmento, cuja abordagem mais comum ocorre pela aplicação de métodos de agrupamento, ou *clustering methods*, mas há abordagem baseada em grafos que vinculam mensagens de sucessores e predecessores com arestas indicadoras da força do relacionamento; e a identificação do atributo da mensagem por meio de técnicas de marcação de palavras e mensagens, podendo marcar o ato de diálogo, ou *dialogue act tagging*, para determinar o tipo de ação em uma frase, por exemplo, saudação, mensagem de sistema ou questionamento.

O desenvolvimento e avaliação de *chatbot* no contexto da EaD em Psicologia, com abordagem para a intervenção inteligente e o design pedagógico a fim de aprimorar a interação entre estudantes e agentes conversacionais, foram relatados por [Procter et al. 2018] a partir de pesquisa experimental. O Freudbot foi projetado para responder questões pessoais e teóricas em primeira pessoa, simulando a conversa com Sigmund Freud de acordo com regras básicas de conversação, como cumprimentar, tomar a palavra e reparar mal-entendidos. A partir da análise de *logs* de conversas anteriores, foi criada a metodologia para detectar comportamentos de interação dos estudantes, classificados em: *tryer*, caracterizado por aqueles que elaboram frases mais longas com alto valor de abstração; *keyworder*, característica daqueles que fornecem frases mais curtas com baixo valor de abstração, em que não há repetição de palavras; e *morer*,

caracterizando estudantes que repetem expressões do tipo *backchannel*, as quais são sinais de incentivo ao diálogo como 'ok' e 'entendo'. Um estudante pode exibir mais de um desses comportamentos, o que talvez indique o baixo desempenho do *chatbot* ao forçar o aprendiz a buscar outra estratégia que retorne as informações desejadas.

Com base na primeira fase, [Procter et al. 2018] então relataram as definições e implementações das estratégias de intervenção do *chatbot* com o objetivo de manter, aumentar ou restabelecer o envolvimento de estudantes na conversação, dentre elas a identificação: de atitudes de diálogo como *backchannels*, diante das quais o *chatbot* deve continuar a narrativa atual; de sentenças mais longas, para as quais o *chatbot* talvez precise indicar que não foi possível compreender as questões ou comentários e, neste caso, fazer perguntas que busquem clarear o interesse do estudante; e de tentativas repetidas de sentenças sem resposta, revelando possível problema para o estudante obter um conteúdo, sendo necessário que o *chatbot* assuma o controle da conversa para sugerir tópicos relevantes. Em tempo real, um algoritmo detecta comportamentos conversacionais e outro, ao perceber as detecções, direciona o *chatbot* a fazer as intervenções adequadas, sempre buscando fornecer ao estudante outras maneiras de interação. As intervenções foram consideradas bem-sucedidas quando incentivaram o engajamento do estudante e o recompensam com informações sobre o domínio.

Agentes conversacionais são utilizados com AC em ambientes virtuais para reconhecerem o contexto da conversação e assim poderem intervir adequadamente. Para tanto, os seguintes aspectos fundamentais da AC são adotados: identificar uma conversa a partir do reconhecimento da troca de turnos entre determinados participantes; reconhecer o segmento de conversa a partir de metadados como o emissor e o momento do envio, se esta estiver embaraçada; e caracterizar a conversa a partir do seu conteúdo, que pode incluir saudação, *backchannel*, questionamento, mensagem de sistema e alguma reação do participante à interação com o próprio *chatbot*.

## **QP2: Quais as evidências existentes de que um agente conversacional pode promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais?**

A adoção de *chatbots* em AVAs, com ênfase nas tecnologias usadas para a implementação destes e nas estratégias pedagógicas para a aprendizagem colaborativa, é analisada por [Tarouco et al. 2018]. Com base na teoria interacionista de Vygotsky, na qual a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é a medida comprobatória de que a aprendizagem é um processo social onde os estudantes influenciam mutuamente o amadurecimento cognitivo, afirmaram que as interações são relevantes para a construção de conhecimento, principalmente as que viabilizam diálogo, cooperação, troca de informações e debate de ideias. De forma mais ampla, os autores indicaram que entidades virtuais, como avatar e *chatbot*, concebidas para fins pedagógicos são capazes de: fornecer informações acerca de conceitos estudados; apontar para fontes externas de informação; apoiar a solução de divergências; instigar a reflexão mútua; e fornecer apoio emocional, simulando o desempenho de colegas a fim de estimular o potencial do estudante, em acordo com a ZDP. Porém, destacaram que limitações técnicas para o processamento da linguagem natural dificultam o desempenho de *chatbots*, indicando para mitigar esse problema a automatização da expansão de bases de conhecimento, por meio do tratamento de corpus linguístico para identificar conceitos-chave, e a integração com bases de pesquisa virtuais e bancos de dados externos.

A adoção de múltiplos *chatbots*, cada um exercendo função específica no processo pedagógico, foi o foco da pesquisa experimental de [Hayashi 2019], que os denomina *Pedagogical Conversational Agents* (PCAs). O autor considera os seguintes fatores de aprendizagem colaborativa relevantes para a atuação dos PCAs: eficácia do feedback imediato, apropriado em tarefas de aprendizagem verbal, e do feedback atrasado, vantajoso no aprendizado de conceitos pois permite mais tempo para a metacognição dos estudantes; não causar interrupções durante interações entre estudantes nas atividades de aprendizagem; e que os *chatbots* podem beneficiar mais as interações entre estudantes do que o desempenho de aprendizagem deles.

O estudo investigou o uso dos PCAs: **consultor de comunicação** para fornecer conselhos técnicos como “Por que você não faz algumas perguntas?” ou “Por que não fornece alguns *backchannels* enquanto seu parceiro explica?”; e **consultor de explicação** que gera respostas sobre como pensar no tópico em questão [Hayashi 2019 p. 249]. A partir de algumas palavras-chave, cada PCA é acionado, sendo classificadas em frases importantes, para o consultor de explicação responder e em problemas, que o consultor de comunicação responde. Os resultados obtidos permitiram concluir que: os estudantes frequentemente fornecem explicações a partir das intervenções dos PCAs; eles puderam aprofundar mais os seus conhecimentos; o uso de PCAs é relevante em projetos de CSCL, sendo essencial aos estudantes que não estão acostumados com esses ambientes e aos que estão iniciando na área de conhecimento em estudo, pois facilitam na produção de linguagem quanto ao emprego do vocabulário técnico.

Um *chatbot*, além de fornecer informações técnicas e conteúdos educacionais, pode promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais por meio de intervenções que contribuam para a construção de conhecimento dos estudantes, seja simulando um colega, seja incentivando o engajamento colaborativo dos colegas.

### **QP3: Como um agente conversacional pode atuar como sistema de recomendação, mantendo a autonomia em contexto da EaD?**

[Pons Lelardeux et al. 2017] apresentaram, a partir de pesquisa experimental, um sistema de comunicação usado em jogo digital como uma solução apropriada ao ensino do gerenciamento de riscos, tendo como enfoque situações onde estudantes lidam com fatores humanos, precisando aprender a tomar decisões e a tratar erros conjuntamente. O ambiente virtual colaborativo foi desenvolvido para oferecer mecanismos de comunicação e de tomada de decisão a fim de permitir que uma equipe possa construir a representação comum de situações críticas. O sistema de comunicação foi usado para facilitar o jogo, monitorando a conversa para manter os colegas e o professor informados sobre o andamento de suas realizações.

Os autores indicaram que o sistema de comunicação foi bem avaliado por ter permitido a exposição de comportamentos reais em situações críticas, como debate, conflito e irritação, pois foram implementados recursos que viabilizaram a discussão argumentada de todas as questões levantadas, independente se houve convergência ou divergência entre os participantes. “O papel do sistema de comunicação não é fornecer uma maneira utópica automatizada de resolver esses pontos de desacordo, mas explicitá-los para que os estudantes, em equipe, os identifiquem e aprendam a impedir seu surgimento” [Pons Lelardeux et al. 2017 p. 512].

O *chatbot* desenvolvido a partir da arquitetura conceitual proposta por [Liu et al. 2019] foi adotado em contexto de aprendizagem móvel a fim de recuperar informações em um domínio específico, pois perceberam nas referências estudadas lacunas na adoção de *chatbots* educativos em dispositivos móveis e na análise de influência da usabilidade destes na aprendizagem de estudantes. Dentre os aspectos revelados como importantes para a eficácia dos *chatbots*, destacaram: uma base de conhecimento vasta acerca do domínio; a experiência positiva por parte dos usuários; e a melhor usabilidade dessa TE, adequada à aprendizagem móvel. Finalmente, os autores destacaram que a TE forneceu informações aos estudantes de forma individualizada, apontando para a relevância de se introduzir um gerenciamento de diálogo que considere comportamentos de conversação no desenvolvimento de *chatbots*, implementando assim a AC a fim de apoiar outras estratégias educacionais como a aprendizagem colaborativa.

[Schouten et al. 2017] elicitaram requisitos para definição de um AVA adequado ao uso por cidadãos com baixo letramento a fim de apoiá-los na aprendizagem acerca da participação social. É necessário para tanto que o AVA forneça suporte à aprendizagem situada e contextualizada, considerando os seguintes aspectos: cognitivos, fornecendo opções de visualização de conteúdo para facilitar o acesso; afetivos, permitindo aprendizagem individualizada para evitar exposição a fatores como vergonha e medo de julgamento social mediante a baixa autoeficácia; e sociais, promovendo a presença de estudantes e a interação entre eles para facilitar a discussão em grupo, o trabalho em equipe e a formação de conexões sociais significativas. Os autores destacaram que o software de suporte à aprendizagem não é necessariamente menos eficaz a estudantes com baixo letramento do que para estudantes mais letrados, e que os estudantes têm menos probabilidade de evadirem do curso quando se sentem satisfeitos com o AVA.

Um agente conversacional pode atuar como sistema de recomendação, mantendo a autonomia de estudantes em contexto da EaD, quando é implementado como um recurso que viabiliza a discussão entre eles, proporcionando conhecimento sobre o domínio, apoiando a experiência afetiva e social, além de contribuir para a usabilidade adequada do AVA, inclusive em dispositivos móveis.

### **QP principal: A adoção de agente conversacional com análise conversacional pode realizar a recomendação da aprendizagem colaborativa na EaD?**

A aplicação da IAED foi foco de [Zawacki-Richter et al. 2019], que constataram ser um campo emergente em TE porque carece de apropriação por parte de educadores para que seja amplamente proveitosa ao processo pedagógico, havendo necessidade de mais pesquisas por parte de professores e designers de aprendizagem quanto à adoção da IA no ensino-aprendizagem. Os autores indicaram ainda que, apesar dos avanços relacionados ao poder computacional e à vasta disponibilidade de dados dos estudantes, há pouco avanço das teorias de aprendizagem relacionadas à aplicação da IAED.

[Zawacki-Richter et al. 2019] apontaram o alto potencial que as soluções de IA têm para apoiar estudantes, professores e gestores no ciclo de vida estudantil, mas observaram que é preciso saber como explorar a IAED, tendo em perspectiva os cuidados técnicos e éticos adequados à complexidade da Educação. Os autores destacaram em suas conclusões os desafios e as oportunidades da IAED apontados pela UNESCO quanto às dimensões pedagógica, social e ética, buscando garantir inclusão e



equidade nesta área por meio de ações como: a formação de professores para a Educação com IA; o desenvolvimento de bons sistemas de informação que propiciem inclusão; e a garantia de ética e transparência quanto aos dados acadêmicos.

Uma plataforma para aprendizagem colaborativa foi analisada, em pesquisa experimental, por [Tawfik et al. 2020], que foi desenvolvida a fim de apoiar: o design de atividades criadas por especialistas a partir da aprendizagem baseada em projetos; a facilitação cognitiva, ou *cognitive scaffolding*, por parte de professores para resolução de problemas; e a interação entre estudantes. Esse AVA adota a estratégia de fornecer feedback predefinido durante o bate-papo, em que o *chatbot*, por meio de análise semântica latente, intervém para incentivar o engajamento estudantil na conversa e manter o foco em um aspecto da tarefa. Os professores puderam editar todos os feedbacks para que os comentários do *chatbot* fossem adequados a cada situação. Os autores consideraram essa abordagem mais flexível e dinâmica, apresentando considerações sobre como os estudantes interagem com o professor e o próprio *chatbot*.

A adoção de um *chatbot* com análise conversacional a fim de realizar a recomendação da aprendizagem colaborativa na EaD inicia pela AC a fim de identificar a possibilidade de colaboração, o que inclui, além dos aspectos fundamentais indicados na resposta da QP1, o reconhecimento de relacionamento prévio entre estudantes e a existência de debate entre eles, por meio da troca de turnos que evidencie conversa em torno de questionamentos. A partir disso o *chatbot* pode intervir adequadamente em prol da aprendizagem colaborativa, conforme apontado na resposta da QP2, atuando como sistema de recomendação de acordo com as conclusões da QP3. Na QP principal foi ainda revelada a necessidade de equipe multidisciplinar, considerando a interação da engenharia de software, pedagogia e as demais áreas de conhecimento envolvidas.

#### 4. Considerações Conclusivas

Esta RSL traz trabalhos recentes, seis experimentais e três teóricos. Os estudos em que os *chatbots* fazem intervenção contextualizada atuam, por limitação do processamento de linguagem natural, em conjunto com a AC, apesar de apresentarem variação deste termo e métodos ainda não finalizados. A AC é usada para estudar como a compreensão é construída em ambientes virtuais e torna viável gerar recomendações em prol da aprendizagem colaborativa. Alguns trabalhos apontaram para o uso de tecnologias prontas, mas todos desenvolveram os próprios *chatbots* para contextos específicos.

Há lacunas que direcionam estudos para: a especificação de arquiteturas abertas de IAED; a integração de IA ao AVA com base em sistemas de recomendação, em consonância com [Aggarwal 2016] ao afirmar que nos sistemas voltados para o conhecimento as recomendações são sugeridas a partir de requisitos do aprendiz, e não no seu histórico de interação; a definição de metodologia para implementar a camada de AC entre AVA e *chatbot*; a experimentação de abordagens pedagógicas, éticas e sociais na adoção de *chatbots* em EaD; e a formação de educadores para a aplicação da IAED a fim de impactar positivamente o ensino-aprendizagem.

#### 5. Referências

Abraham, J., Kannampallil, T., Brenner, C., et al. (2016). Characterizing the structure and content of nurse handoffs: A Sequential Conversational Analysis approach.

*Journal of Biomedical Informatics*, v. 59, p. 76–88.

- Aggarwal, C. (2016). An Introduction to Recommender Systems. In: Aggarwal, C.[Ed.]. *Recommender Systems: The Textbook*. Cham: Springer I. Publishing. p. 1–28.
- Hayashi, Y. (may 2019). Multiple pedagogical conversational agents to support learner-learner collaborative learning: Effects of splitting suggestion types. *Cognitive Systems Research*, v. 54, p. 246–257.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews.
- Koschmann, T. (2013). Conversation Analysis and Collaborative Learning. In: Hmelo-Silver, C.; Chinn, C.; Chan, C.; O'Donnell, A.[Eds.]. *The International Handbook of Collaborative Learning*. New York: Routledge Handbooks. p. 149-167.
- Liu, Q., Huang, J., Wu, L., Zhu, K. and Ba, S. (6 jul 2019). CBET: design and evaluation of a domain-specific chatbot for mobile learning. *Universal Access in the Information Society*.
- Pons Lelardeux, C., Panzoli, D., Lubrano, V., et al. (apr 2017). Communication system and team situation awareness in a multiplayer real-time learning environment: application to a virtual operating room. *The Visual Computer*, v. 33, n. 4, p. 489–515.
- Procter, M., Lin, F. and Heller, B. (2018). Intelligent intervention by conversational agent through chatlog analysis. *Smart Learning Environments*, v. 5, n. 1, p. 30.
- Recuero, R. (2012). A Conversação como Apropriação na Comunicação Mediada pelo Computador. In: Buitoni, D. S.; Chiachiri, R.[Eds.]. *Comunicação, Cultura de Rede e Jornalismo*. Edição: 1 ed. São Paulo: Almedina. p. 259–274.
- Schouten, D., Smets, N., Driessen, M., et al. (2017). Requirements for a virtual environment to support the social participation education of low-literates. *Universal Access in the Information Society*, v. 16, n. 3, p. 681–698.
- Stahl, G., Koschmann, T. and Suthers, D. D. (2006). Aprendizagem colaborativa com suporte computacional: Uma perspectiva histórica. In: Sawyer, R. K.[Ed.]. *Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 409–426.
- Tarouco, L. M. R., Silveira, C. and Krassmann, A. L. (2018). Collaborative Learning with Virtual Entities. In: Zaphiris, P.; Ioannou, A.[Eds.]. *Learning and Collaboration Technologies. Design, Development and Technological Innovation*. Cham: Springer International Publishing. v. 10924, p. 480–493.
- Tawfik, A., Graesser, A. and Love, J. (2020). Supporting Project-Based Learning Through the Virtual Internship Author (VIA). *Technology, Knowledge and Learning*, v. 25, n. 2, p. 433–442.
- Uthus, D. C. and Aha, D. W. (2013). Multiparticipant chat analysis: A survey. *Artificial Intelligence*, v. 199–200, p. 106–121.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. and Gouverneur, F. (dec 2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 16, n. 1, p. 39.

## **D.2 Análise Conversacional para Recomendar a Aprendizagem Colaborativa na EaD**

O próximo artigo descreve a posição de pesquisa que culminou com a estratégia para calcular os níveis de colaboração.

# Conversational Analysis to Recommend Collaborative Learning in Distance Education

Antônio J. Moraes Neto<sup>1</sup><sup>a</sup>, Márcia A. Fernandes<sup>2</sup><sup>b</sup> and Tel Amiel<sup>3</sup><sup>c</sup>

<sup>1</sup>Federal Institute of Brasilia (IFB), Brasilia, DF, Brazil

<sup>2</sup>Computer Science Graduate Program, Federal University of Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brazil

<sup>3</sup>Education Graduate Program, University of Brasilia (UnB), Brasilia, DF, Brazil

**Keywords:** Conversational Agent, Computer-supported Collaborative Learning, Collaborative Learning Assessment, Artificial Intelligence in Education, Educational Technology.

**Abstract:** Conversational agents can recommend interactions among students in a Virtual Learning Environment (VLE) for the purpose of supporting collaborative learning, an important approach to improve online education. This paper describes the current position of a research that addresses the implementation of Conversational Analysis (CA) in order to make recommendations through chatbots for promoting collaborative learning among students in a VLE. Based on an experiment, the authors propose a CA strategy to determine the level of collaboration among students, point out possibilities for chatbot's intervention in favor of collaborative learning, and present the results obtained in the current stage of the research.

## 1 INTRODUCTION


Conversational Analysis (CA) offers a way to analyze the understanding produced through interaction, focusing on the methods by which interactants build sense collaboratively, with the aim of producing a report on how understanding was achieved in the conversation (Koschmann, 2013). A CA methodological approach can assess not only the content, but also the structure, nature of roles, and relationships within students' conversations (Abraham et al., 2016).


The characterization of the online conversation provided by CA can be used in Virtual Learning Environments (VLEs) in order to better identify where social interaction occurs and how it takes place, indicating possibilities for collaboration. It can also help indicate where no collaboration has taken place, but possibilities exist for interactions and to promote collaborative learning, in which students do not depend only on direct interaction with the content and teachers since the possibilities are expanded through the student-student connection. Thus, they learn through their doubts and interests, teaching each


other. At the same time, they can visualize how others are learning as well as their difficulties, which demands a computational support oriented to productive interaction in a motivating way (Stahl et al., 2005).

Chatbot as a pedagogical tool offers opportunities to support learning in adaptive and personalized environments (Zawacki-Richter et al., 2019). For example, a chatbot integrated into a VLE can provide predefined feedback during the chat in order to intervene and encourage students' engagement in the conversation, and keep focus on one aspect of the task at hand (Tawfik et al., 2020). Therefore, chatbots can be used to instigate debate among students in a VLE and, in case there is interaction or the absence of it, indicate to the teacher where the collaboration is occurring or could occur. In addition, chatbots can suggest actions to stimulate collaborative learning.

Considering this potential for the application of Artificial Intelligence in Education (AIED), establishing a method to measure collaboration among students is relevant. In this paper this authors discuss a methodology to measure collaboration levels based on what students write in discussion

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-6139-8919>

<sup>b</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3572-612X>

<sup>c</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-1775-1148>

forums, so as to make recommendations to students, teachers, and tutors in order to promote collaborative learning in VLEs.

## 2 RESEARCH AIMS

The main objective of the research is the implementation of a chatbot adopting CA to make recommendations in order to promote collaborative learning in a VLE. The specific objectives are: (1) to analyze aspects of students' interactions that may indicate the collaboration among them in the discussion forums appointed by the teacher as those which are to be monitored; (2) to model knowledge on the level of collaboration among students in the monitored forums; (3) to model the dialogue base in an available chatbot architecture, that can be integrated into a VLE, to structure the conversations with students, teachers, and tutors; and (4) to make recommendations to the participants, focusing on questions that encourage feedback and on topics under discussion, in order to promote the collaboration among students in the monitored discussion forums.

The research hypothesis is that adopting CA with a chatbot makes it possible to make recommendations to students, teachers, and tutors, in order to promote collaborative learning in distance education. The following research questions are associated with this hypothesis: (1) how can one characterize students' interactions through a CA in monitored discussion forums?; (2) what knowledge can be modeled in regards to the level of collaboration among students in monitored discussion forums?; (3) in which architecture that can be integrated into a VLE is it possible to model the chatbot dialogue with students, teachers, and tutors?; and (4) what recommendations should the chatbot make to students, teachers, and tutors, focusing on questions that encourage feedback and on topics under discussion, to promote the collaboration among students in monitored discussion forums?

Moodle<sup>1</sup>, an acronym for Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, is a free software VLE and was chosen as the ET development platform, as it is the most prevalent VLE in higher-education institutions in the Portuguese language context. In this environment, a teacher will define which forums will be monitored. Moreover, the ET processing will be done only once for each post made in a monitored discussion forum.

<sup>1</sup> Moodle website: <https://moodle.org/?lang=en>.

## 3 LITERATURE REVIEW

The literature review were carried out both by focusing on conceptual aspects and methodological emphasis. The first part relates to chatbots, collaborative learning, and CA. The results indicated that CA to identify collaboration in VLE and possibilities of chatbot's intervention in favor of collaborative learning is a promising research area for AIED.

CA offers a way to analyze the understanding produced through interaction, focusing on the methods by which interactants build sense collaboratively. It can also provide insight on how understanding was achieved in the conversation (Koschmann, 2013). CA focuses on the sequential nature of thinking, which is lost in most statistical coding analyses, where individual statements are encoded and then accounted for, without regard to their sequential response order (Stahl, 2012). The adoption of CA is relevant when considering the characteristics of online conversations, whose grammar is comparatively informal and unstructured, with users involved in a tone of conversation, compared to other texts (Uthus & Aha, 2013).

From the analysis of conversation logs, it is possible to adopt a methodology to detect and classify student interaction behavior (Procter et al., 2018). In order to assess collaboration among students, it is necessary to use interaction analysis techniques that identify some of the processes used by groups to create meaning and build knowledge, providing an insight into collaboration according to the sequential flow of students' statements. As students are solving problems together, they necessarily express their thoughts to each other and this data is available for analysis in VLE logs. Moreover, the flow of proposals, responses, questions, agreements, etc. is available for analysis as an extended cognitive process (Stahl, 2012). In order to analyze this data it is necessary to adopt preprocessing practices that avoid overly optimistic results in the analysis of discussion forums (Farrow et al., 2019).

Some aspects related to the assessment of collaboration among students deserve to be highlighted in the context of this research. In the literature on classroom discourse, the adjacent pair becomes a 'utterance-triad', question-answer-comment, which is commonly described as the sequence IRE (Inquiry, Response, Evaluation), the latter referring to the sufficiency of that answer. This indicates that the basic and minimum form of a

sequence is two turns of conversation and that the sequences composed of more turns are expansions, which can produce an assessment of conversation, positive or not, in the third round (Koschmann, 2013). To identify questioning, Lu et al. (2011) propose that this is a type of statement that seeks factual information, including words such as “what”, “which”, “where” and “when”, or one that seeks explanation, including words such as “why” and “how”. To identify questions, the Linguistic Inquiry and Word Count (LIWC) software package, which is based on empirical research, can be used to extract word counts indicative of different psychological processes, such as affective, cognitive, social and perceptual (Farrow et al., 2019). Its core is based on a lexical resource, called the LIWC dictionary, which is also available in Portuguese (Cavalcanti et al., 2020).

The quality of engagement in educational tasks is measured by the number of responses to posts, and not by the number of posts initiated by an individual student, that is, responses demonstrate engagement (Lyndall & Elspeth, 2015). The number of debating students also influences the quality of their interactions, ideally being organized in small groups, ranging from 3 to 6 participants, which positively impacts the value of the discussions (Saqr et al., 2019). Social Network Analysis (SNA) makes it possible to record the number of interactions among students as an indicator of quality in collaboration. The use of SNA has played a prominent role in the analysis of learning in order to indicate collaborative learning (Dascalu et al., 2018). It is also important to note that the benefit of measuring the quality of collaboration for individual students is the recognition of their proactive and effective collaboration (Lyndall & Elspeth, 2015).

Regarding topic detection, the repetition of keywords in statements by different students is an indicator of which topics are under discussion (Allaymoun & Trausan-Matu, 2015). To this end, topic modeling, a text mining tool frequently used to discover hidden semantic structures in a corpus, can be adopted to identify keywords in student statements. Based on this identification, Epistemic Network Analysis (ENA) combined with SNA can detect information about the student performance in the perspective of identifying a set of cognitive and social dimensions, which is marked by interaction with the appropriate people on the appropriate content (Farrow et al., 2019).

Some collaborative learning factors relevant to chatbot performance are characterized regarding the effectiveness of immediate feedback, more

appropriate in verbal learning tasks, and delayed feedback, advantageous in learning concepts because it allows more time for students’ metacognition; being careful not to interrupt or disturb when there are interactions among students during their learning activities; and the benefit more focused on interactions among students than on their learning performance (Hayashi, 2019).

Hayashi (2019) implemented the following three-steps chatbot structure: (1) two chatbots were designed to facilitate requests based on types of functions: the *communication consultant* to answer about the efficiency of communication and the *tutor of explanations* to generate answers on how to think about a topic that triggers metacognition; (2) the system detected keywords in an inserted sentence and classifies them by type; (3) the system generates responses based on detected keywords and number of turns taken in conversation. Each chatbot, therefore, responded to students when it detected any of the keywords, whether they are related to important phrases or communication problems (Hayashi, 2019).

Classification processes have been implemented through machine learning algorithms, which is a sub-field of AI capable of recognizing patterns, making predictions and applying newly discovered patterns in situations that were not initially included or covered. Zawacki-Richter et al. (2019) identified, in a review of 58 studies in this area, that all of them applied machine learning methods to recognize and classify patterns and model student profiles. To evaluate the accuracy of classifiers, the authors used statistical measures that demonstrated their high ability to predict the performance in a student group from participating in online discussion.

With regard to recommendation systems, Chatbots can play an effective role in distance education, having been identified as an ET that may contribute to the acceleration of the learning process, facilitate access to educational contents and enrich the learning environment by supporting students and teachers (Liu et al., 2019). It is also relevant to highlight that in knowledge-based recommendation systems, recommendations are suggested based on the specified requirements, and not on the learner’s interaction history (Aggarwal, 2016).

Chatbot intervention strategies can be defined based on the Academically Productive Talk (APT) structure, designed to encourage discussion in an educational context from social interaction to the construction of mental processes, with an emphasis on valuable interaction (Tegos et al., 2020). APT proposes tools to be adopted by the teacher in order to encourage discussion in the classroom in which



students expose their reasoning, listen deeply and critically to the contributions of others, and thus interact collaboratively (Michaels & O'Connor, 2015). It is also important to note that when students post their participation in forums and their partners receive invitations to comment on them, this results in a smaller number of fragmented topics, but with a greater number of participations per topic (Oliveira et al., 2011).

In conclusion, the adoption of a ET in order to carry out the recommendation of collaborative learning in distance education starts with the CA to identify the possibility of collaboration. A chatbot, whose architecture includes CA and machine learning, in addition to providing technical information and educational content, can promote collaborative learning in VLE through interventions that contribute to the construction of students' knowledge. Thus, this application of AIEd can act as a recommendation system when it is implemented as a resource that makes feasible the debate among students, providing knowledge about the domain, supporting the affective and social experience, and contributing to the proper usability of VLE, which can occur even through mobile devices.

#### 4 RESEARCH METHOD

The methodological approach takes place in three stages: conversational analysis; assessment to determine collaboration level; and implementation of the chatbot to make recommendations to students, teachers, and tutors in the monitored discussion forums. Accordingly, the development of the ET has been taking place in the stages shown in Figure 1.

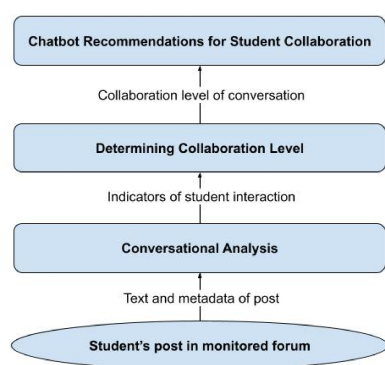


Figure 1: Three stages of the methodological approach.

In the next subsections, the authors present the results obtained in these stages, not only describing

the conceptual model, but also showing some relevant aspects for its implementation.

#### 4.1 Conversational Analysis

The adopted CA seeks to identify interactions among students from the text and metadata of each post obtained in the monitored discussion forums, whose implementation is described in the steps below. The CA layer applied in the context of research's architectural flow is shown in Figure 2.

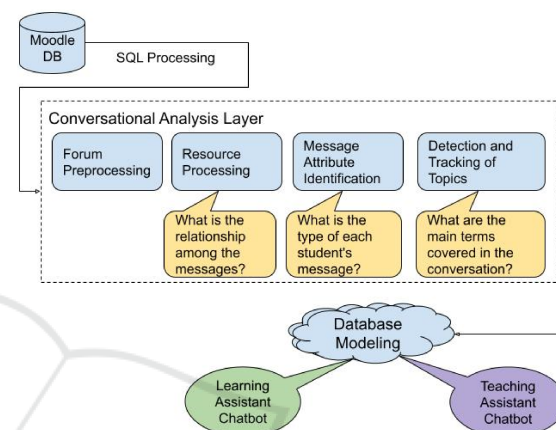


Figure 2: Architectural flow for the research.

For each message posted by a participant, the CA steps must be performed, whose resulting information must persist in a relational Database Management System (DBMS). The set of data was obtained via SQL, from read-only access to the VLE database of a vocational education school, from which two online courses were offered. The posts obtained are exclusively from the discussion forums, without participant identification, as only messages and forums are assessed in order to generate recommendations. From the available 20,976 messages, 15,703 were posted by students.

Preprocessing is the CA step in which specific techniques of Natural Language Processing (NLP) are applied, without which the quality of the results will be compromised. First, it is important to clean up the obtained data, such as deleting HTML tags and punctuation marks used on web addresses, and formatting numeric fields. Subsequently, NLP techniques take place, as lemmatization, mapping inflected forms of word to a common root; stemming, removing the ending of words to find their base form; and phonetic mapping that addresses features rarely seen in formal texts, which can be applied to words and numbers to define the meaning of words with unusual spellings. In this research some NLP

techniques are adopted in step Detection and Tracking of Topics, described below.

Resource processing is the CA step in which the characterization of social dynamics occurs through SNA, carried out by the Cytoscape<sup>2</sup> open source software platform, in order to identify interactions among students in each forum. To this end, SNA provides insights into dimensions such as cohesion, centralization, and prominence. Centrality measures seek to identify the extent to which the network depends on a certain number of interactants. Thus, the Weighted Degree Centrality (WDC) is responsible for the weight of the edges that a node has in the network, being the sum of the edges weights connected to the node. SNA also provides in- and out-degree (OD) metrics, which are scores that correspond to the in-and-out edges of a given node calculated from the sociogram (Pereira, 2018).

In this research, each node corresponds to a message in the forum. Therefore, WDC characterizes the number of student responses, as the weight of their messages is one and that of the other interactors is zero. When OD is zero, then there was no response for the given message, but if it is greater than zero, then it is because there were that specific number of responses for the message.

Identification of the message attribute is the CA step that allows identifying characteristics of the statements, specifically the questions, through NLP, using LIWC<sup>3</sup>. Based on the total words count (WC), LIWC informs percentages such as Interrog and QMark, related to question words and question mark respectively.

This research is developed in a Portuguese language context, and, considering the results obtained from the LIWC Portuguese dictionary, only the presence of the question mark was effective to identify the questions, that is, it was not possible to identify any question message without the QMark percentage was greater than zero.

Topic detection and tracking is the CA step in which key terms discussed in each forum are identified through topic modeling, made with the open source software Tomotopy<sup>4</sup>, which is a topic modeling toolkit used as a Python module. Tomotopy implements one of the earliest and most widely utilized topic modeling methods called Latent Dirichlet Allocation (LDA), which defines hidden topics to capture latent semantics in text documents. With LDA, each document is represented by a probability distribution (dirichlet) over topics, which

are hidden (latent), with each topic being described by a distribution over self-explanatory words (allocation). Thus, the LDA algorithm infers unobserved topics, which do not contain labels that would describe them, by assigning words to topics placing terms that often appear together in a document, it means, topics are a collection of the proportions of their contents, where word order is irrelevant (Schulte, 2021). This machine learning tool is commonly used in a few areas of focus, including document classification and recommendation of new articles that are likely to be of interest to a specific reader.

Another method implemented by Tomotopy is called the Correlated Topic Model (CTM), which is similar to LDA, but it can be used to describe the latent composition of associated topics in pairs within each document in a corpus. For LDA and CTM, the variable  $K$  defines the number of topics to be generated. The parameters  $\phi$  and  $\theta$  are seen as mixture weights and characterize the probability of importance of words for a given topic and the proportion of topics within a specific document, respectively. Thus, the topic modeling algorithm calculates  $\phi^{(z)}$  to represent the multinomial distribution of terms over a given topic  $z$ , and works out  $\theta^{(d)}$  to represent the multinomial distribution of topics about a given document  $d$  (Vayansky & Kumar, 2020).

Within this paper, a “word” or “term” represents the fundamental unit of data, a “document” represents a message posted by one participant, and a “corpus” represents a group of documents encompassing the entire discussion forum. A “vocabulary” is the collection of all distinct words within a corpus, and a “topic” is a probability distribution spanning a given vocabulary. In this context, the LDA and CTM are being applied in order to: (1) identify the topic that has the largest number of words in the corpus associated with it; (2) classify each message according to the percentage of words associated with the identified topic; and (3) point out the most relevant terms within the corpus aiming to show some messages to which a student can post their contribution.

## 4.2 Determining Collaboration Level

In the present research, collaborative learning must occur from the interaction among students in a discussion forum, in which they jointly address one

<sup>2</sup> Cytoscape website: <https://cytoscape.org/>.

<sup>3</sup> LIWC website: <http://liwc.wpengine.com/>.

<sup>4</sup> Tomotopy: <https://bab2min.github.io/tomotopy>.



or more topics, through replies to previous messages, characterizing a conversation. If there is a question in any topic under discussion, it is desirable to have a colleague's response to this question, which characterizes an answer. In order to infer the level of collaboration among students in monitored discussion forums, it is necessary to:

- Create the initial database from the CA with real data, collecting information from Moodle forums for the assessment of collaboration among students, including indicators to be evaluated by teachers;
- Assessment by teachers as to which combinations of the mentioned indicators are better for classifying collaboration among students, generating a new database that will allow to learn, in an automated and intelligent way, how to classify this type of collaboration;
- Apply machine learning and other techniques to the database resulting from the evaluation by teachers in order to carry out the evaluation of collaboration among students.

The assessment of collaboration based on interaction is made through CA by the combination of variables that indicate where it occurred, including insights from the aforementioned Literature Review, to compose the following indicators:

- Identification of Students' Interactions (ISI), performed by Resource Processing, to characterize the amount of student responses to each message, which is calculate by the formula 1 below;
- Questioning Characterization (QC), carried out by the Message Attribute Identification, to point out each student message that contains a question, which is worked out by the formula 2;
- Main Topic Approached (MTA), which occurs from the Detection and Tracking of Topics, which aims to infer the topic with the highest word distribution in each discussion forum, where MTA is the value of the proportion of this topic in each message, as shown in the formula 3;
- Students Collaboration Level (SCL) of each message is formed by the average of the previous indicators, as shown in the formula 4.

$$ISI = WDC / OD \text{ for } OD \text{ greater than zero} \quad (1)$$

$$QC = QMark / 100 \quad (2)$$

$$MTA = \theta^{(d)} \text{ of the highest } \varphi \quad (3)$$

$$SCL = ISI + QC + MTA / 3 \quad (4)$$

In Table 1 are presented results of the CA layer in a Portuguese Language forum that took place at the beginning of the second semester of an online course, containing 47 messages, 31 of which were posted by students, 2 by the teacher, and 14 are posted by a tutor.

Table 1: An example of SCL calculation.

QC	OD	WDC	ISI	MTA	SCL
0.0101	23	23	1.0	0.08369590	NA
0.0303	2	1	0.5	0.08897769	0.20642590
0.0000	2	1	0.5	0.23834153	0.24611384
0.1250	1	0	0.0	0.05000000	0.05833333

For the first message, in Table 1, SCL is equal to "NA" because the calculation is not applicable for a teacher post, which in this case was responded to directly by 23 messages (OD) all posted by students (WDC). The message corresponding to the second line got 2 responses, 1 from a student, and therefore its ISI is equal to 0.5. Its MTA corresponds to the proportion of the topic with the highest word distribution among the 20 topics generated by CTM. There is no question mark (QC) in the student message on the third line, but it still got a return from a colleague, probably because it covered the topic more than in the others posts, as its MTA indicates. In the message on the last line there is a higher QC, which can be considered a more specific question by the student, who addresses the main topic (MTA) a little, but has not yet received feedback from a colleague (WDC), but only from the teacher and so OD is equal to 1.

Thus, the three indicators of collaboration will be combined, based on real data, considering assessment of teachers. The database resulting from their assessment will be constantly updated in order to adjust the classification of collaboration among students. It is important to highlight that the intelligent processing of the mentioned indicators will occur in order to classify the conversations among students regarding their SCL. These inferences will allow chatbot recommendations to be generated for students, teachers, and tutors in order to promote collaboration among students.

### 4.3 Chatbot Recommendations for Student Collaboration

Chatbots to be implemented, using an existing tool, will then be able to make recommendations for each situation from the context identified in the previous stages. Based on the APT structure, recommendations to students aim:

- To suggest options for motivating student participation by prioritizing their messages with (1) questions that are still unanswered, (2) main terms under discussion, and (3) student responses to a colleague;
- To provide information about each monitored forum the student has participated in, focusing on (1) number of student messages with percentages of questions and returns, (2) indication of message collaboration level, and (3) main terms discussed.

Recommendations to teachers and tutors aim:

- To suggest options for motivating student participation, prioritizing messages (1) that contain questions which are still unanswered; (2) those messages that least cover the main terms under discussion; and (3) those messages that do not yet have responses from colleagues;
- To provide information about monitored forums, focusing on (1) number of messages from students with percentages of questions and returns, (2) amount of recommendations made, (3) percentage of recommendations that generated participation, (4) main terms discussed, and (5) classification of messages regarding the level of collaboration.

The chatbots will start the dialogue with students or teachers when they access a discussion forum that is being monitored. This agents will also send messages to the participants to specifically inform them about new conversations to participate in. A continuous mode of operation of the system will inform the evolution of the level of collaboration both for students about each forum that they participated in, and for teachers about the conversations in monitored forums.

## 5 CONCLUSIONS

The development described in this paper represents a new possibility for chatbot performance to promote an effective collaboration. The chatbot must be implemented in an educational context more oriented towards the construction of knowledge, which is different from the one that is traditionally adopted.

Concisely, the research presented in this paper, with the perspective of promoting collaborative learning in monitored discussion forums, has achieved the CA layer necessary to characterize the interactions among students in the discussion forums. In consonance with the research aims described in section 2, the knowledge model to classify the

conversations based on the level of collaboration among students is being developed. In the next steps, the dialogue base will be modeled and the chatbots will be implemented aiming to make recommendations with suggestions and information for students, teachers, and tutors in order to promote collaboration among students. Moreover, chatbots will also inform educators about the recommendations that resulted in participation so the constant evaluation of the ET adoption is enabled.

The evaluation of the results will occur through the application of questionnaires to students and teachers who commit themselves to voluntarily using this application of AIED, so they can assess how much the recommendations made by the chatbots contributed to collaborative learning.

## REFERENCES

- Abraham, J., Kannampallil, T., Brenner, C., Lopez, K., Almoosa, K., Patel, B., & Patel, V. (2016). Characterizing the structure and content of nurse handoffs: A Sequential Conversational Analysis approach. *Journal of Biomedical Informatics*, 59, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.11.009>.
- Aggarwal, C. (2016). An Introduction to Recommender Systems. In C. Aggarwal (Ed.), *Recommender Systems: The Textbook* (pp. 1–28). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29659-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29659-3_1).
- Allaymoun, M. H., & Trausan-Matu, S. (2015). Rhetorical structure analysis for assessing collaborative processes in CSCL. *2015 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, 123–127. <https://doi.org/10.1109/ICSTCC.2015.7321280>.
- Cavalcanti, A. P., Mello, R. F. L. de, Miranda, P. B. C. de, & Freitas, F. L. G. de. (2020). Análise Automática de Feedback em Ambientes de Aprendizagem Online. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 892–901. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbi.e.2020.892>.
- Dascalu, M., McNamara, D. S., Trausan-Matu, S., & Allen, L. K. (2018). Cohesion network analysis of CSCL participation. *Behavior Research Methods*, 50(2), 604–619. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0888-4>.
- Farrow, E., Moore, J., & Gašević, D. (2019). Analysing discussion forum data: A replication study avoiding data contamination. *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 170–179. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303779>.
- Hayashi, Y. (2019). Multiple pedagogical conversational agents to support learner-learner collaborative learning: Effects of splitting suggestion types. *Cognitive Systems Research*, 54, 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.04.005>.

- Koschmann, T. (2013). Conversation Analysis and Collaborative Learning. In C. Hmelo-Silver, C. Chinn, C. Chan, & A. O'Donnell (Eds.), *The International Handbook of Collaborative Learning* (pp. 149–167). Routledge Handbooks.
- Liu, Q., Huang, J., Wu, L., Zhu, K., & Ba, S. (2019). CBET: Design and evaluation of a domain-specific chatbot for mobile learning. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00666-x>.
- Lu, J., Chiu, M. M., & Law, N. W. (2011). Collaborative argumentation and justifications: A statistical discourse analysis of online discussions. *Computers in Human Behavior*, 27(2), 946–955. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.11.021>.
- Lyndall, C.-S., & Elspeth, M. (2015). Measuring engagement in online collaborative learning activities: A comparative analysis of the Conversational Framework and the Social Network Analysis tool. *2015 IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*, 100–103. <https://doi.org/10.1109/MITE.2015.7375297>.
- Michaels, S., & O'Connor, C. (2015). Conceptualizing Talk Moves as Tools: Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan, & S. N. Clarke (Eds.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue* (pp. 347–361). American Educational Research Association. [https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1\\_27](https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_27).
- Oliveira, I., Tinoca, L., & Pereira, A. (2011). Online group work patterns: How to promote a successful collaboration. *Computers & Education*, 57(1), 1348–1357. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.017>.
- Pereira, G. de M. (2018). *Características inerentes a medidas de centralidade e uso de algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de bridging nodes*. <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.287>.
- Procter, M., Lin, F., & Heller, B. (2018). Intelligent intervention by conversational agent through chatlog analysis. *Smart Learning Environments*, 5(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0079-5>.
- Saqr, M., Nouri, J., & Jormanainen, I. (2019). A Learning Analytics Study of the Effect of Group Size on Social Dynamics and Performance in Online Collaborative Learning. In M. Scheffel, J. Broisin, V. Pammer-Schindler, A. Ioannou, & J. Schneider (Eds.), *Transforming Learning with Meaningful Technologies* (pp. 466–479). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_35).
- Schulte, L. (2021). *Investigating topic modeling techniques for historical feature location*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-85379>.
- Stahl, G. (2012). *A view of Computer-Supported Collaborative Learning research and its Lessons for Future-Generation Collaboration Systems*. <http://gerrystahl.net/pub/fgcs.pdf>.
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. D. (2005). Computer-Supported Collaborative Learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 409–426). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.025>.
- Tawfik, A., Graesser, A., & Love, J. (2020). Supporting Project-Based Learning Through the Virtual Internship Author (VIA). *Technology, Knowledge and Learning*, 25(2), 433–442. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9392-x>.
- Tegos, S., Demetriadis, S., Psathas, G., & Tsiatsos, T. (2020). A Configurable Agent to Advance Peers' Productive Dialogue in MOOCs. In A. Følstad, T. Araujo, S. Papadopoulos, E. L.-C. Law, O.-C. Grammo, E. Luger, & P. B. Brandtzaeg (Eds.), *Chatbot Research and Design* (pp. 245–259). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39540-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39540-7_17).
- Uthus, D. C., & Aha, D. W. (2013). Multiparticipant chat analysis: A survey. *Artificial Intelligence*, 199–200, 106–121. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2013.02.004>.
- Vayansky, I., & Kumar, S. A. P. (2020). A review of topic modeling methods. *Information Systems*, 94, 101582. <https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101582>.
- Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.

## **D.3 Aprendizado de Máquina em Análise Conversacional para Recomendar a Colaboração em Fóruns de Discussão**

O seguinte artigo descreve os resultados da aplicação de ML que permitiram validar e refinar a estratégia de recomendação preestabelecida.

# Aprendizado de Máquina em Análise Conversacional para Recomendar a Colaboração em Fóruns de Discussão

Antônio J. Moraes Neto<sup>1</sup>, Raimundo C. S. Vasconcelos<sup>1</sup>,  
Gabriel J. C. Lima<sup>1</sup>, Márcia A. Fernandes<sup>2</sup>, Tel Amiel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Brasília (IFB) — Brasília, DF — Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) — Uberlândia, MG — Brasil

<sup>3</sup>Universidade de Brasília (UnB) — Brasília, DF — Brasil

{antonio.neto, raimundo.vasconcelos}@ifb.edu.br,  
gabriel.lima6@estudante.ifb.edu.br, marcia@ufu.br, amiel@unb.br

**Abstract.** *The Conversational Analysis (CA) allows the identification of the collaboration level among students in discussion forums of Virtual Learning Environments (VLEs), resulting in indices that make it possible to assess collaboration and, based on this assessment, perform the recommendations to promote collaborative learning continuously. Having gathered a dataset of these indices, it is possible to use Machine Learning (ML) to cluster students and then specialize the recommendations considering their similarities. In this paper, the application of unsupervised ML in obtained indices from the CA is proposed in order to refine and validate a recommendation strategy which promotes the collaboration in discussion forums of VLEs.*

**Resumo.** *A Análise Conversacional (AC) permite identificar o nível de colaboração entre estudantes em fóruns de discussão de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), resultando em índices para avaliar a colaboração e a partir desses realizar recomendações visando promover continuamente a aprendizagem colaborativa. Tendo um conjunto de dados com esses índices é possível usar o aprendizado de máquina para agrupar os estudantes e assim especializar as recomendações de acordo com as suas similaridades. Neste artigo é proposta a aplicação de aprendizado de máquina não supervisionado em índices resultantes da AC, a fim de refinar e validar uma estratégia de recomendação que promova a colaboração em fóruns de discussão de AVAs.*

## 1. Introdução

Fóruns de discussão permanecem sendo amplamente adotados em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), tanto nos cursos presenciais quanto nos realizados a distância. Incentivar os estudantes a participarem das discussões com a perspectiva da aprendizagem colaborativa é uma questão desafiadora. Neste sentido, é relevante enviar recomendações que efetivamente ajudem estudantes e professores a promoverem a colaboração em fóruns, principalmente no contexto da Educação a Distância (EaD).

A Análise Conversacional (AC) oferece uma maneira de analisar o entendimento produzido por meio das interações, focando nos métodos pelos quais os participantes constroem significado colaborativamente, com a finalidade de relatar como o

entendimento foi alcançado em uma conversa [Koschmann 2013]. A abordagem metodológica de AC pode avaliar não apenas o conteúdo, mas ainda a estrutura, os papéis desempenhados pelos participantes e as relações estabelecidas nas suas conversas [Abraham et al. 2016], permitindo assim obter índices para avaliar a colaboração em fóruns de discussão.

A partir do conjunto de índices obtido na etapa de AC pode-se aplicar métodos de aprendizado de máquina, ou *Machine Learning* (ML), para agrupar estudantes de acordo com perfis de colaboração. Considerando que as recomendações voltadas para o conhecimento têm como fundamento os requisitos especificados, neste caso os de colaboração, e não o histórico de interação [Aggarwal 2016], é possível avaliar e refinar a estratégia de recomendação a fim de melhorar os diversos índices e então transmitir aquelas mais apropriadas para cada agrupamento de estudantes, dependendo do perfil revelado.

Com o objetivo de abordar a aplicação de ML a partir de resultados da AC a fim de promover a colaboração entre estudantes em fóruns de discussão de AVAs, este artigo está organizado da seguinte forma: a Fundamentação Teórica com a abordagem dos temas introduzidos; a descrição de como realizar o Agrupamento de Estudantes para Avaliar e Refinar Recomendações, após obter índices resultantes da AC em fóruns; os Resultados Alcançados a partir dos agrupamentos de estudantes realizados; e as Considerações Finais com reflexões tecnológicas e educacionais para promover a aprendizagem colaborativa, incluindo possibilidades de trabalhos futuros; além das Referências.

## **2. Fundamentação Teórica**

São abordadas nesta Seção as referências relacionadas à abordagem de recomendações a fim de promover a colaboração em fóruns de discussão, AC para identificar a colaboração em fóruns de discussão de AVAs e a aplicação de ML para realizar agrupamentos de estudantes no contexto das recomendações educacionais.

### **2.1. Promovendo a Aprendizagem Colaborativa em Fóruns de Discussão**

Realizar recomendações em AVAs pode contribuir para a aceleração do processo de aprendizagem, facilitar o acesso a conteúdos educativos e enriquecer esses ambientes [Liu et al. 2019]. Na perspectiva de efetuar isso em fóruns de discussão, é necessário iniciar-se pela AC destes, combinando a análise de interação com a detecção de tópicos abordados nos fóruns a fim de informar sobre a atuação de estudantes na perspectiva de identificar um conjunto de dimensões sociais e cognitivas, marcado pela interação com as pessoas apropriadas sobre o conteúdo apropriado [Gašević et al. 2019].

Em seguida, é preciso planejar as recomendações, o que pode ser feito com base na estrutura *Academically Productive Talk* (APT) [Michaels 2016], projetada para estimular a discussão em contexto educacional com ênfase na valorização da interação [Tegos et al. 2020], que propõe ferramentas a serem adotadas pelo professor a fim de estimular a discussão em sala de aula na qual os alunos expõem seus raciocínios, ouvem profunda e criticamente as contribuições dos outros e, assim, interagem de forma colaborativa [Michaels and O'Connor 2015]. É importante notar que quando os estudantes postam suas participações em fóruns e seus colegas recebem convites para

comentá-las, isso resulta em menos tópicos de discussão fragmentados, mas com maior número de participações por tópico [Oliveira et al. 2011].

Efetuar a recomendação em prol da aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, portanto, começa com a AC para identificar a colaboração entre os estudantes nesses debates. A partir disso, pode-se planejar e transmitir recomendações apropriadas a fim de promover o debate entre eles, sugerindo que postem questionamentos e comentem mensagens de colegas acerca dos assuntos em debate nos fóruns monitorados.

## **2.2. Análise Conversacional para Determinar a Colaboração em Fóruns**

A AC busca sistematizar as características da conversação on-line, construída pelos participantes desta por meio de ferramentas como fóruns de discussão, na qual negociam um contexto comum [Recuero 2012], concentrando-se na natureza sequencial do pensamento, que se perde na maioria das análises estatísticas, onde as postagens individuais são codificadas e depois contabilizadas, sem levar em conta a ordem de resposta sequencial [Stahl 2012]. A adoção da AC é relevante quando se precisa considerar as características das conversas on-line, cuja gramática é comparativamente informal e desestruturada em relação a outros textos [Uthus and Aha 2013].

A partir da análise dos logs de conversa, além dos conteúdos, é possível adotar uma metodologia de AC para identificar e avaliar o comportamento de interação dos estudantes [Procter et al. 2018]. Para avaliar a colaboração entre eles é necessário utilizar técnicas de análise de interação que permitam uma visão desta em conformidade com o fluxo sequencial das suas postagens. À medida que os estudantes resolvem problemas juntos, eles necessariamente expressam seus pensamentos uns aos outros e esses dados ficam disponíveis para análise nos fóruns de discussão dos AVAs.

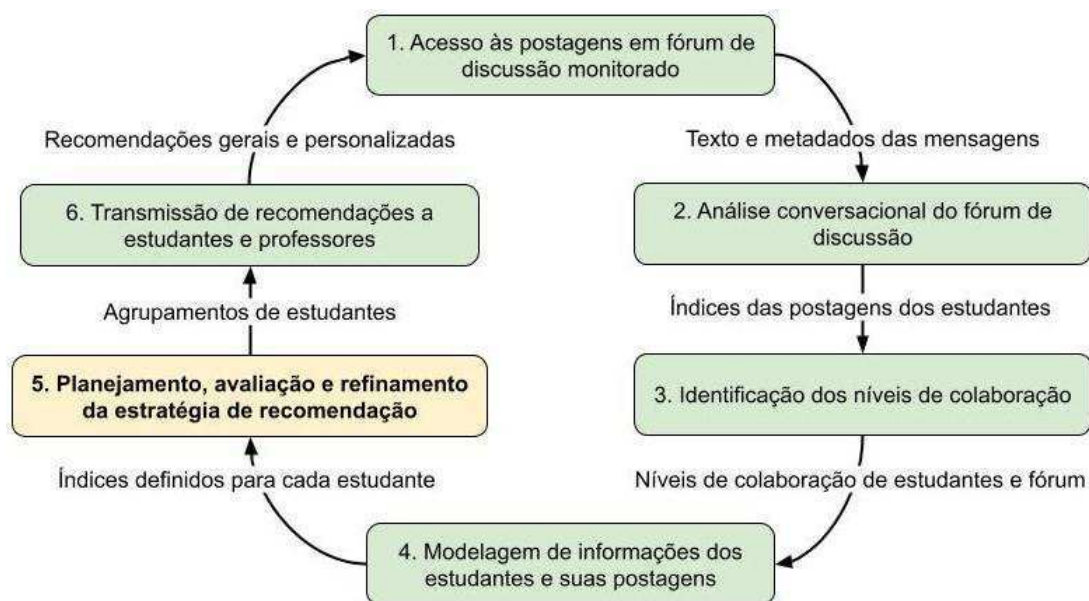
Ao analisar a dimensão cognitiva em discussões on-line, constatou-se que o evento desencadeador é normalmente uma questão inicial que desperta o debate, apresentando pontos de interrogação. Em seguida, a presença cognitiva geralmente se aprofunda em mensagens mais longas, usando uma linguagem mais complexa. Averiguou-se ainda a relevância da adoção de práticas criteriosas de pré-processamento para que os resultados dessa análise possam ser usados com maior confiabilidade [Farrow et al. 2019].

Com base em revisão sistemática de literatura publicada [Moraes Neto et al. 2020], sugere-se que para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão de AVAs é necessária a adoção cíclica dos seguintes estágios: (1) acesso de leitura às postagens de um fórum, previamente apontado pelo professor para ser monitorado; (2) AC desse fórum, cujo resultado gera índices para as postagens; (3) identificação dos níveis de colaboração, calculados a partir dos índices resultantes da AC; (4) modelagem de informações dos estudantes e suas postagens, definindo índices para cada estudante; (5) planejamento da estratégia de recomendação, posteriormente a avaliação e refinamento desta; e (6) transmissão de recomendações apropriadas a estudantes e professores. Este artigo trata de evidenciar o quinto estágio a ser adotado, conforme está destacado na Figura 1.

No contexto deste artigo, com base em publicação anterior [Moraes Neto and



Fernandes and et al. 2022], três índices são relevantes para estabelecer o nível de colaboração dos estudantes em fóruns de discussão por meio da AC, cuja combinação indica onde e em que grau ocorreu a colaboração. Para obtê-los é necessário inicialmente realizar o pré-processamento, etapa da AC na qual são aplicadas técnicas específicas do Processamento de Linguagem Natural (PLN). Primeiro, é importante limpar os dados obtidos, como excluir *tags* HTML. Posteriormente, ocorrem técnicas como: *lematização*, mapeando formas flexionadas de palavras para uma raiz comum; *stemização*, retirando o final das palavras para encontrar sua forma base; e remoção de *stop words*, excluindo das demais etapas da AC os termos mais comuns.



**Figura 1. Estágios para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão**

Em seguida, outras etapas da AC ocorrem a fim de definir os índices a serem calculados para cada postagem: o Processamento de Recursos trata do relacionamento entre as mensagens, definindo o ISI; a Identificação do Atributo da Mensagem é onde se caracteriza o tipo da mensagem, determinando o índice QC para definir as postagens com perguntas; a inferência dos principais termos abordados no fórum ocorre na etapa Detecção e Rastreamento de Tópicos, definindo o índice MTA. A média desses índices determina o nível de colaboração dos estudantes, ou SCL. Visando facilitar a leitura, estão apresentados na Tabela 1 esses e os demais índices utilizados neste trabalho, na qual o uso de cores busca destacar a relação entre tais índices.

**Tabela 1. Descrição resumida dos índices utilizados**

Sigla	Vocábulo	Descrição
ISI	<i>Identification of Students' Interactions</i>	Divisão do total de retornos de estudantes (WDC) pela quantidade de respostas (OD) para cada mensagem: $WDC / OD$ , para OD maior que zero
QC	<i>Questioning Characterization</i>	<i>QMark</i> é a porcentagem relacionada aos pontos de interrogação em uma postagem: $QMark / 100$
MTA	<i>Main Topic Approached</i>	Proporção do tópico com maior distribuição de palavras no fórum para cada mensagem: $\theta^{(d)}$ do maior $\phi$



Sigla	Vocábulo	Descrição
SCL	<i>Student's Collaboration Level</i>	Média dos índices anteriores, por postagem de estudante: $(ISI + QC + MTA) / 3$
PSQ	<i>Percentage of Student's Questions</i>	Porcentagem das mensagens com questionamento pelo total de postagens a cada estudante
PSR	<i>Percentage of Student's Returns</i>	Porcentagem dos retornos a postagens de colegas pelo total de mensagens por estudante
MaxSCL	<i>Maximum SCL</i>	Valor do maior SCL atingido por cada estudante em uma de suas postagens
PSM	<i>Percentage of Student's Messages</i>	Porcentagem de mensagens de cada aluno em relação ao total de postagens feitas pelos estudantes
SIL	<i>Student's Inducement Level</i>	Média de PSM, PSQ e a média do ISI das mensagens de cada estudante: $(PSM + PSQ + ISI\ average) / 3$
SPL	<i>Student's Participation Level</i>	Média de PSM, PSR e a média do ISI: $(PSM + PSR + ISI\ average) / 3$

Na Tabela 2 é apresentado um exemplo de resultados desses índices para cada postagem de um fórum de discussão, na qual NA refere-se à postagem de professor, em que não se aplica o cálculo do SCL.

**Tabela 2. Resultados dos índices por postagem**

Post ID	QC	ISI	MTA	SCL
16760	0,000	1,000	0,358	NA
16914	0,000	1,000	0,595	0,532
17450	0,039	0,000	0,775	0,272

A partir dos resultados da AC, conforme detalhado em publicação anterior [Moraes Neto and Costa and et al. 2022], podem ser definidos índices para cada estudante, como o exemplo que consta na Tabela 3, o qual postou seis mensagens, que representam 11,32% do total de postagens dos estudantes, dentre as quais uma (16,67%) continha questionamento e quatro (66,67%) foram retornos deste a mensagens de colegas. Considerando-se os resultados de suas postagens, foram calculadas ainda as médias de ISI (0,5), MTA (0,413) e SCL (0,307), além do SCL máximo que atingiu em uma destas (0,599).

**Tabela 3. Índices definidos para um estudante**

User ID	Total messages	PSM	PSQ	PSR	ISI average	MTA average	SCL average	MaxSCL
241	6	11,32%	16,67%	66,67%	0,500	0,413	0,307	0,599

Esses índices e nível de colaboração possibilitam disponibilizar diversas recomendações, cada uma voltada para a melhoria de um ou mais desses índices. Sugere-se que, em sintonia com o planejamento do professor, a repetição desse processo de AC seguido da transmissão de recomendações de forma cíclica, promove continuamente a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão.

### 2.3. Aprendizado de Máquina Voltado para Recomendações Educacionais

No contexto da inteligência artificial na educação é comum a aplicação de métodos de

ML para reconhecer e classificar padrões e modelar perfis de estudantes para fazer previsões [Zawacki-Richter et al. 2019]. No planejamento das recomendações a serem realizadas a partir do uso de ML, indica-se que estas podem, dentre outras proposições, incentivar os estudantes a pedirem ajuda aos colegas e comentarem as suas postagens, sugerir colegas ou professores para ajudarem com as dúvidas postadas pelos alunos, despertar interesse para a colaboração, encorajar comentários quando há novidades, estimular interações na inexistência destas, e motivar o compartilhamento de opiniões e ideias quanto aos assuntos do componente curricular em questão [Pereira et al. 2022]. É relevante destacar que os estudantes devem ter autonomia para aceitar as recomendações e se comunicarem com os colegas indicados [Ahmadian Yazdi et al. 2022].

A fim de especificar recomendações a partir da análise de interações pode-se realizar a formação de agrupamentos passando-se pelas etapas de: aplicação do K-Means; avaliação da tendência de agrupamento; identificação da quantidade de *clusters* apropriada para o contexto; e validação dos agrupamentos [Pereira 2021]. Pode-se ainda, de maneira similar, aplicar esse algoritmo em um conjunto dos dados de interação dos estudantes, disponíveis em um AVA, para recomendar a formação de grupos desses alunos em prol da colaboração, alcançando-se melhoria no rendimento estudantil das turmas para as quais as recomendações foram disponibilizadas [Monteverde et al. 2017]. A partir dos dados de interação em fóruns de discussão, usa-se também ML para definir ocorrências de colaboração de cada estudante, classificadas em três níveis – baixo, médio ou alto, a fim de realizar recomendações que motivem a aprendizagem colaborativa [Anaya et al. 2016].

As recomendações em contexto educacional podem ser classificadas como gerais e personalizadas, sendo as gerais aquelas que são transmitidas para professores e estudantes sem considerar suas especificidades, mas indicando conteúdos e atividades que devem ser destacados. Por outro lado, as recomendações personalizadas levam em consideração as características de cada aluno, aos quais são enviadas sugestões com informações pessoais como, por exemplo, as quantidades de mensagens que postou e quais os tipos (perguntas, retornos), no caso de enfatizar a colaboração.

Quando se aplica ML para agrupar estudantes de acordo com suas similaridades (preferências, notas), pode-se especializar algumas recomendações, tanto gerais quanto personalizadas, a fim de oferecê-las em conformidade com os perfis de agrupamento identificados [Vera and González 2022].

### **3. Agrupamento de Estudantes para Avaliar e Refinar Recomendações**

Nesta Seção é apresentado um procedimento de aplicação do ML em índices resultantes da AC, como aqueles descritos na Tabela 3. Na sequência, define-se como foi feito o refinamento das recomendações a fim de especializá-las de acordo com cada agrupamento obtido do ML.

#### **3.1. Determinando Agrupamentos a Partir dos Índices de Colaboração**

Considerando-se os apontamentos apresentados na Seção 2.3, foram aplicados algoritmos K-Means para gerar dois e três agrupamentos a partir dos índices e SCL. Os resultados iniciais do *KMeans* da biblioteca Python *sklearn.cluster* foram inicialmente inconsistentes, principalmente pela disparidade de valores das porcentagens de

questionamentos e retornos (PSQ e PSR). Isso ocorre quando a configuração do fórum permite que os estudantes criem seus próprios tópicos de discussão, não sendo compulsório postar retorno aos demais participantes, o que resulta em diversos valores iguais a zero. Por outro lado, quando não se pode criar esses tópicos, frequentemente ocorrem valores de PSR bem superiores aos demais índices para os estudantes que postam retornos aos colegas.

A aplicação do K-Means levou então à revisão dos índices, a partir da qual foram testados vários outros, culminando com a formação de dois, levando-se em consideração a porcentagem das mensagens do estudante em relação ao total de postagens dos colegas no fórum (PSM), constituídos da seguinte maneira:

- Nível de provocação do estudante, ou SIL, passando a considerar não apenas os questionamentos postados pelo estudante (PSQ), mas também as suas postagens (PSM) e a média dos retornos de colegas que estas provocaram (*ISI average*);
- Nível de participação do estudante, ou SPL, incluindo além dos retornos postados pelo estudante (PSR), as suas postagens (PSM) e a média dos retornos que estas obtiveram de colegas (*ISI average*).

Os índices PSQ e PSR foram portanto substituídos pelo SIL e SPL, de maneira que os valores destes fossem superiores a zero, o que permitiu obter resultados com melhor distribuição de estudantes a partir do K-Means. Para fins de comparação foram calculadas ainda as médias dos índices por agrupamento e o desvio padrão para cada índice. Ao comparar os resultados de dois e três agrupamentos a partir dos quatro índices mencionados (SIL, SPL, médias do MTA e SCL), percebeu-se que a aplicação do K-Means sem a média do SCL permitiu a interpretação de agrupamentos conceitualmente claros, considerando que os demais índices (SIL, SPL e MTA *average*) fazem parte, diretamente ou não, do seu cálculo, tornando frequentemente o SCL *average* o índice preponderante na formação dos agrupamentos. Destaca-se que essa preponderância de índice acontece para aquele com o maior desvio padrão.

Dessa forma, por meio de experimentação e interpretação qualitativa, verificou-se que a aplicação do K-Means para formar três agrupamentos a partir dos índices SIL, SPL e MTA *average* produziu os resultados considerados consistentes.

### **3.2. Refinando a Estratégia de Recomendação pelo Agrupamento de Estudantes**

A participação dos estudantes no início de um fórum de discussão pode ser diminuta, sendo necessário que ao menos cinco deles tenham feito postagens para que seja viável gerar três agrupamentos. Ainda assim, houve caso em que apenas um ajuntamento foi obtido, pois, no estágio inicial do fórum, podem ocorrer postagens muito semelhantes, resultando em índices idênticos. Portanto, caso não haja participação de ao menos cinco alunos, a análise do fórum não deve incluir a aplicação do K-Means. Além disso, essa aplicação, quando ocorrer, deve retornar ao menos dois agrupamentos.

A distribuição dos estudantes em três agrupamentos revelou grupos com desempenhos colaborativos menor, intermediário e maior, considerando-se as médias do índice preponderante por ajuntamento (SIL, SPL ou MTA *average*). Comparando-se essas médias, houve caso em que a diferença entre dois desses desempenhos foi insignificante, sendo necessário então reconsiderar os estudantes de ambos os grupos

como constantes apenas naquele com desempenho inferior. Com base em diversas comparações realizadas, considera-se que a diferença entre essas médias deve ser superior a 10% para ratificar a distribuição obtida por meio de ML em dois agrupamentos. Caso contrário, os alunos devem ser reunidos em apenas um.

A partir da obtenção de agrupamentos consistentes, a estratégia de recomendação pode ser avaliada e refinada, caso tenha ocorrido a transmissão de recomendações em análise anterior do fórum de discussão. Tal avaliação é iniciada pela identificação do tipo de envio para cada estudante, considerando que:

- Há aqueles que não consentiram o envio, ou seja, as recomendações não foram transmitidas para eles, sendo assim associados ao código de envio 0 (zero);
- Há os que consentiram o envio, mas não participaram do fórum até o momento da análise, para os quais foram enviadas apenas as recomendações gerais, recebendo assim o código de envio 1 (um);
- Os estudantes que consentiram o envio e participaram do fórum são associados ao código 2 (dois), para os quais foram enviadas recomendações gerais e personalizadas.

Calcula-se ainda as porcentagens dos tipos de envio de recomendação por agrupamento de estudantes. Dessa forma, é possível avaliar a efetividade da estratégia de recomendação realizada comparando o desempenho colaborativo de cada agrupamento com essas proporções. A efetividade dessa estratégia é revelada quando os maiores percentuais dos tipos de envio 1 e 2 ocorrem nos agrupamentos com desempenhos colaborativos intermediário e maior, respectivamente.

A partir da avaliação da estratégia de recomendação é possível rever o planejamento desta de maneira a especializar as recomendações para cada agrupamento de acordo com o desempenho colaborativo. Em conformidade com a estrutura APT, abordada na Seção 2.1, pode-se refinar as recomendações relativas ao índice preponderante de modo que:

- Para o agrupamento com menor desempenho colaborativo sejam reelaboradas as recomendações relativas a tal índice a fim de que passem a desafiar os estudantes no sentido de participarem mais, sugerindo que exponham suas opiniões, forneçam exemplos ou esclarecimentos;
- Ao ajuntamento com desempenho colaborativo intermediário as recomendações sejam voltadas para aprofundar o debate, incentivando os estudantes a acrescentarem evidências, referências, opiniões convergentes ou divergentes em resposta às postagens dos colegas;
- Não sejam enviadas as recomendações relativas ao índice preponderante para o agrupamento com maior desempenho colaborativo, caso sua média para esse índice seja superior a 10% em relação à média do grupo com desempenho intermediário. Caso não seja, devem ser disponibilizadas para esse ajuntamento as mesmas recomendações enviadas ao anterior.

#### **4. Resultados Alcançados**

A partir da avaliação e refinamento das recomendações por meio da aplicação de ML para o agrupamento consistente de estudantes, apresenta-se nesta Seção os principais

resultados obtidos.

#### 4.1. Especialização das Recomendações

No âmbito da pesquisa que origina este artigo, cinco ciclos de experimentos foram realizados, tanto em cursos ofertados presencialmente quanto a distância, com a participação de estudantes adultos, havendo, para tanto, as devidas aprovações dos Comitês de Ética em Pesquisa das diferentes instituições de ensino superior envolvidas. Todos os experimentos foram relevantes ao amadurecimento dos estágios necessários para promover a colaboração entre estudantes em fóruns de discussão. Nos dois últimos, abrangendo oito turmas formadas para realizar dois componentes curriculares de cursos superiores da EaD, houve participações mais amplas, permitindo obter agrupamentos consistentes por meio do K-Means e consequentemente refinar e validar as recomendações. Entretanto, em nenhuma experimentação foi avaliada a estratégia de recomendação após a aplicação de ML.

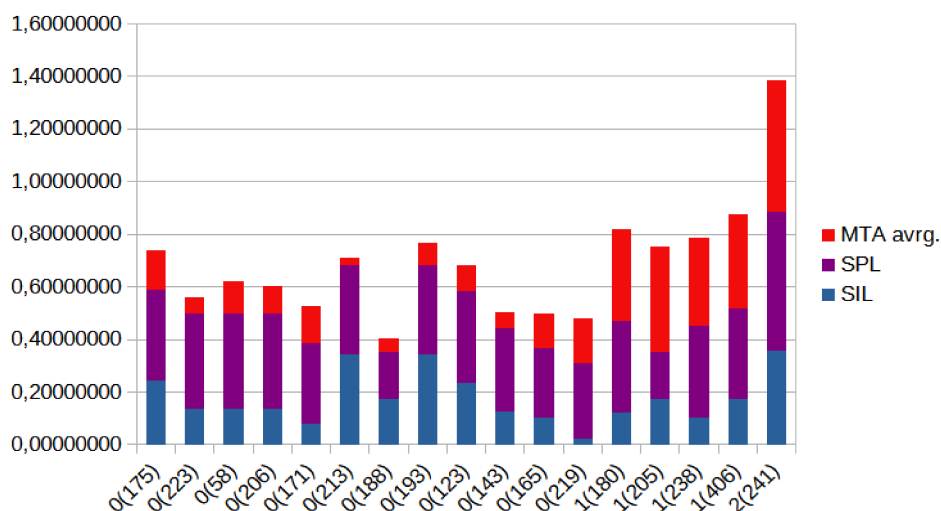
Na Tabela 4 apresenta-se um resumo dos fóruns de discussão analisados, identificados pelos seus códigos do AVA, sendo que quatro, destacados na cor laranja, não foram monitorados por haver quantitativo insuficiente de estudantes que consentiram o envio de recomendações. Entretanto, foi relevante analisar os fóruns monitorados e aqueles que não foram a fim de comparar seus resultados. Nesse sentido, destaca-se que houve expressivo aumento da quantidade de pessoas que postaram nos fóruns monitorados, ou seja, nos quais houve envio de recomendações. Houve ainda um aumento na proporção de mensagens por participante, principalmente nos dois fóruns com maiores quantidades de estudantes que consentiram (9974 e 9246).

**Tabela 4. Resumo dos fóruns de discussão analisados**

ID do fórum	9908	9919	9930	9941	9952	9963	9974	9246	Totais
Total de estudantes	32	21	26	21	16	52	56	42	266
Estudantes que consentiram	6	0	4	0	0	1	24	42	77
Percentual de estudantes que consentiram	19%	0%	15%	0%	0%	2%	43%	100%	29%
Etapas para envio de recomendações gerais	3	0	3	0	0	0	3	2	11
Quantidade de recomen. personalizadas enviadas	5	0	2	0	0	0	28	20	55
Etapas para envio de recomen. a professores	3	0	3	0	0	0	3	2	11
Mensagens postadas	22	13	31	12	13	11	30	78	210
Pessoas que postaram	22	11	22	12	13	11	26	18	135
Proporção de mensagens por participante	1,00	1,18	1,41	1,00	1,00	1,00	1,15	4,33	1,56

Houve diversas aplicações de ML nesses fóruns, em extrações iniciais e finais destes, a fim de estabelecer os índices e a forma de agrupamento mais consistente. Dessa maneira, foi possível estabelecer os parâmetros destacados na Seção 3.1. O gráfico constante na Figura 2 exemplifica a distribuição de estudantes em três

agrupamentos (0, 1 e 2), na qual o índice MTA *average* é preponderante, tendo obtido o desvio padrão (0,144) maior que os demais índices (SIL = 0,097 e SPL = 0,078). As diferenças das médias desse índice para os agrupamentos foram bem superiores a 10%: no agrupamento 0 o MTA *average* foi 0,101; 0,362 para o agrupamento 1; e no agrupamento 2 atingiu 0,498. Destaca-se que os códigos entre parênteses são os identificadores dos estudantes no AVA.



**Figura 2. Três agrupamentos de estudantes no fórum 9246**

Os resultados permitiram estabelecer que a recomendação referente ao índice preponderante pudesse ser especializada de acordo com o desempenho colaborativo alcançado por cada um dos três agrupamentos obtidos por K-Means. Segue um exemplo de refinamento da estratégia de recomendação para quando o índice MTA *average* for preponderante:

- Para estudantes no agrupamento com menor desempenho colaborativo: “Você pode colaborar com os/as colegas, comentando alguma postagem deles(as) com algo mais que pensa sobre estes termos que estão sendo debatidos no fórum: ['Termo1'], ['Termo2'], ['Termo3'], ['Termo4'], ['Termo5].” No caso do fórum 9246 essa recomendação seria enviada ao agrupamento 0 (zero);
- Para estudantes no agrupamento com desempenho colaborativo intermediário: “Os seguintes termos estão sendo mais debatidos neste fórum: ['Termo1'], ['Termo2'], ['Termo3'], ['Termo4'], ['Termo5]. Para aprofundar esse debate você poderia postar uma mensagem com uma referência ou evidência sobre o assunto debatido.” Para o fórum 9246 essa recomendação seria enviada ao agrupamento 1 (um);
- Não enviar esta recomendação para o agrupamento com maior desempenho colaborativo, caso sua média para o índice preponderante seja superior a 10% em relação à média do grupo com desempenho intermediário. No exemplo do fórum 9246, ao estudante 241 não seria enviada a recomendação referente ao índice MTA *average*.

Para o professor, a recomendação com a lista dos estudantes e seus respectivos *Maximum SCL* deve ser refinada de forma que estejam agrupados de acordo com o

índice preponderante, a fim de destacar os agrupamentos e as sugestões de intervenção relativas a tal índice.

#### 4.2. Validação da Estratégia de Recomendação

De maneira geral, os comparativos das médias dos índices resultantes das análises feitas no começo e ao final dos monitoramentos daqueles quatro fóruns de discussão, constantes na Tabela 4, revelaram que há uma melhora significativa das médias do SIL, SPL, MTA e SCL, destacando-se incrementos superiores a 33% e 119% dos dois últimos índices respectivamente. Ao se comparar os resultados de dois fóruns de discussão similares, tanto na finalidade quanto na quantidade de estudantes inscritos (56 e 52), sendo que um foi monitorado (9974) e outro não (9963), merecem destaques os seguintes aumentos expressivos no resultado daquele em que houve monitoramento:

- O fórum monitorado contou com a participação de 15 pessoas a mais (11 no 9963 e 26 no 9974);
- Com relação à abordagem dos principais termos em discussão, as médias finais do MTA foram 91,3% maiores no fórum monitorado (9974);
- As médias finais do SCL, ou seja, do nível de colaboração dos estudantes, foram superiores 125,7% em relação ao fórum não monitorado (9963).

Os agrupamentos obtidos por meio de K-Means viabilizaram ainda a validação da estratégia que definiu as recomendações transmitidas aos estudantes e professores, considerando-se os fóruns de discussão nos quais houve consentimento para enviar recomendações. Na Tabela 5 apresenta-se o comparativo de resultados das análises dos dois fóruns monitorados com maiores quantidades de estudantes que consentiram o envio de recomendações (9974 e 9246), incluindo-se o resultado daquele que não foi monitorado (9963), destacado em laranja, a fim de estabelecer confrontação de dados.

**Tabela 5. Comparativo de resultados dos principais fóruns analisados.**

Fórum	Descrição do resultado	SIL <i>average</i>	SPL <i>average</i>	MTA <i>average</i>	SCL <i>average</i>
9963	Médias iniciais	0,167	0,167	0,100	0,033
	Médias finais	0,030	0,030	0,104	0,035
	Comparação das médias	↓82,0%	↓82,0%	↑4,0%	↑6,1%
9974	Médias iniciais	0,048	0,048	0,108	0,036
	Médias finais	0,026	0,032	0,199	0,079
	Comparação das médias	↓45,8%	↓33,3%	↑84,3%	↑119,4%
	Envio de recomendação tipo 0	0,013	0,013	0,117	0,039
	Envio de recomendação tipo 1	0,011	0,011	0,258	0,086
	Envio de recomendação tipo 2	0,041	0,055	0,248	0,110
9246	Médias iniciais	0,111	0,139	0,107	0,091
	Médias finais	0,177	0,326	0,186	0,208
	Comparação das médias	↑59,5%	↑134,5%	↑73,8%	↑128,6%
	Envio de recomendação tipo 0	0,000	0,000	0,000	0,000
	Envio de recomendação tipo 1	0,087	0,305	0,120	0,105

Fórum	Descrição do resultado	SIL <i>average</i>	SPL <i>average</i>	MTA <i>average</i>	SCL <i>average</i>
	Envio de recomendação tipo 2	0,197	0,331	0,200	0,230

Nos dois fóruns em que as recomendações foram enviadas para a maioria dos estudantes (9246 e 9974) aqueles para os quais foram enviadas recomendações estão nos agrupamentos com maiores desempenhos colaborativos, inclusive se forem consideradas as médias desses índices pelos tipos de envio das recomendações.

Os comparativos entre os desempenhos colaborativos finais dos principais fóruns de discussão monitorados (9246 e 9974) e aquele não monitorado (9963), apontam uma diferença expressiva nas médias dos índices SIL, SPL, MTA e SCL, além da média da quantidade de palavras por postagem de estudante. Por esses índices, o desempenho colaborativo dos estudantes no fórum não monitorado foi consideravelmente inferior, com destaque para as médias finais do MTA, de 0,104, 0,199 e 0,186 nos fóruns 9963, 9974 e 9246, respectivamente. Os comparativos entre as médias iniciais e finais evidenciam expressivas diferenças das suas porcentagens nos fóruns monitorados em relação àquele que não foi.

## 5. Considerações Finais

Mediante o que foi exposto e tendo em vista promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão, a aplicação de aprendizado de máquina em índices resultantes da análise conversacional permitiu inicialmente revisar e eventualmente ajustar os resultados da AC realizada. Posteriormente, tendo obtido agrupamentos consistentes de estudantes, foi possível refinar a estratégia de recomendação estabelecida, especializando-a de acordo com o desempenho colaborativo revelado em cada ajuntamento. Por fim, após realizar alguns ciclos de recomendação a alunos e professores, pôde-se avaliar a efetividade das recomendações comparando-se, não apenas os resultados gerais dos índices da AC, mas também aqueles alcançados por agrupamento de estudantes.

Assim caracterizou-se um procedimento para refinar e validar a estratégia de recomendação, como parte dos estágios cíclicos para promover a aprendizagem colaborativa em fóruns de discussão. Acredita-se que a adoção desses ciclos pode, de maneira direta, auxiliar efetivamente tanto os estudantes na participação ativa dos debates em fóruns quanto os professores no engajamento dos alunos nessas discussões. Em perspectiva ampla é possível vislumbrar que essa adoção contribua para reorientar os planejamentos pedagógicos no sentido de tornar os fóruns em AVAs mais dinâmicos, motivadores da produção de texto e interativos, em um contexto de ensino e aprendizagem mais colaborativo.

Em trabalhos futuros é recomendado que haja experimento mais abrangente, preferencialmente em contexto da EaD, com vistas a avaliar o refinamento e validação da estratégia de recomendação propostos. É relevante ainda integrar o sistema de recomendação educacional que implemente os estágios cíclicos descritos em um AVA, a fim de promover a aprendizagem colaborativa.



## 6. Referências

- Abraham, J., Kannampallil, T., Brenner, C., et al. (2016). Characterizing the structure and content of nurse handoffs: A Sequential Conversational Analysis approach. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 59, p. 76–88.
- Aggarwal, C. (2016). An Introduction to Recommender Systems. In: Aggarwal, C. [Ed.]. *Recommender Systems: The Textbook*. Cham: Springer International Publishing. p. 1–28.
- Ahmadian Yazdi, H., Seyyed Mahdavi Chabok, S. J. and Kheirabadi, M. (2022). Dynamic Educational Recommender System Based on Improved Recurrent Neural Networks Using Attention Technique. *Applied Artificial Intelligence*, v. 36, n. 1, p. 2005298.
- Anaya, A. R., Luque, M. and Peinado, M. (1 mar 2016). A visual recommender tool in a collaborative learning experience. *Expert Systems with Applications*, v. 45, p. 248–259.
- Farrow, E., Moore, J. and Gašević, D. (2019). Analysing discussion forum data: a replication study avoiding data contamination. In *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge, LAK19*. Association for Computing Machinery. <http://doi.org/10.1145/3303772.3303779>, [accessed on Nov 16].
- Gašević, D., Joksimović, S., Eagan, B. R. and Shaffer, D. W. (2019). SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning. *Computers in Human Behavior*, v. 92, p. 562–577.
- Koschmann, T. (2013). Conversation Analysis and Collaborative Learning. In: Hmelo-Silver, C.; Chinn, C.; Chan, C.; O'Donnell, A. [Eds.]. *The International Handbook of Collaborative Learning*. New York: Routledge Handbooks. p. 149–167.
- Liu, Q., Huang, J., Wu, L., Zhu, K. and Ba, S. (2019). CBET: design and evaluation of a domain-specific chatbot for mobile learning. *Universal Access in the Information Society*.
- Michaels, S. (2016). *Accountable Talk® Sourcebook: For Classroom Conversation that Works*. p. 46.
- Michaels, S. and O'Connor, C. (2015). Conceptualizing Talk Moves as Tools: Professional Development Approaches for Academically Productive Discussions. In: Resnick, L. B.; Asterhan, C. S. C.; Clarke, S. N. [Eds.]. *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue*. American Educational Research Association. p. 347–361.
- Monteverde, I., Amaral, G., Ramos, D., et al. (2017). M-Cluster: Uma ferramenta de Recomendação para Formação de Grupos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 28, n. 1, p. 1657.
- Moraes Neto, A. J., Costa, N. T., Fernandes, M. A. and Amiel, T. (2022). Análise Conversacional para Diagnosticar e Recomendar a Colaboração em Ambientes

- Virtuais de Aprendizagem. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22494>, [accessed on Dec 3].
- Moraes Neto, A. J., Fernandes, M. A. and Amiel, T. (2020). Chatbot e Análise Conversacional para Recomendação da Aprendizagem Colaborativa na EaD. *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p. 1142–1151.
- Moraes Neto, A. J., Fernandes, M. A. and Amiel, T. (2022). Conversational Analysis to Recommend Collaborative Learning in Distance Education. <https://www.scitepress.org/Link.aspx?doi=10.5220/0011092600003182>, [accessed on Aug 12].
- Oliveira, I., Tinoca, L. and Pereira, A. (2011). Online group work patterns: How to promote a successful collaboration. *Computers & Education*, v. 57, n. 1, p. 1348–1357.
- Pereira, A. J. (2021). Especificação de sistema de recomendação a partir de análise de interações em Rede Social Educacional. Master Thesis. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/41538>, [accessed on Jun 21].
- Pereira, A. J., Gomes, A. S. and Primo, T. T. (2022). Design de Sistema de Recomendação Educacional: abordagens com Mágico de Oz. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22492>, [accessed on Jan 5].
- Procter, M., Lin, F. and Heller, B. (2018). Intelligent intervention by conversational agent through chatlog analysis. *Smart Learning Environments*, v. 5, n. 1, p. 30.
- Recuero, R. (2012). A Conversação como Apropriação na Comunicação Mediada pelo Computador. In: Buitoni, D. S.; Chiachiri, R. [Eds.]. *Comunicação, Cultura de Rede e Jornalismo*. 1ª ed. São Paulo: Almedina. p. 259–274.
- Stahl, G. (2012). A view of Computer-Supported Collaborative Learning research and its Lessons for Future-Generation Collaboration Systems. <http://gerrystahl.net/pub/fgcs.pdf>.
- Tegos, S., Demetriadis, S., Psathas, G. and Tsiatsos, T. (2020). A Configurable Agent to Advance Peers' Productive Dialogue in MOOCs. [A. Følstad, T. Araujo, S. Papadopoulos, et al., Eds.] In *Chatbot Research and Design*. Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing.
- Uthus, D. C. and Aha, D. W. (2013). Multiparticipant chat analysis: A survey. *Artificial Intelligence*, v. 199–200, p. 106–121.
- Vera, A. A. and González, C. M. (2022). Educational Resource Recommender Systems Using Python and Moodle. [O. Gervasi, B. Murgante, S. Misra, A. M. A. C. Rocha, & C. Garau, Eds.] In *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops*. Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. and Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 16, n. 1, p. 39.