

Mediadores e Multiplicadores no Projeto #Adote: O Impacto da Mediação no Ensino de Microbiologia

Camila Caldas Martins Correia^a 
 Bárbara Rodrigues Cintra Armellini^a 
 Raquel Sousa Freire^b 
 Rita de Cássia Café Ferreira^a 

^a Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Biomédicas, Departamento de Microbiologia, São Paulo, São Paulo, Brasil

^b Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia Celular e Molecular, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

RESUMO

Contexto: O projeto #Adote combina o ensino tradicional com a metodologia ativa de ensino-aprendizagem baseada em projetos com mídias sociais ‘Adote uma Bactéria’ para formar mediadores e multiplicadores do conhecimento em Microbiologia. **Objetivos:** Esse trabalho buscou analisar o impacto da mediação na diversidade e riqueza do discurso de estudantes do ensino superior sobre a patogenicidade de *Pseudomonas aeruginosa*. **Design:** Trata-se de um estudo misto centrado na análise do discurso. **Ambiente e participantes:** Por meio de postagens e interações no Instagram, estudantes dos cursos de Ciências Biomédicas e Ciências Fundamentais para Saúde matriculados na disciplina Bacteriologia oferecida pelo Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo aprendem a aprender a estudar bactérias, a comunicar ciência, a colaborar uns com os outros e a ser autônomos com apoio de alunos de graduação que já passaram pelo projeto e alunos de pós-graduação, os chamados mediadores. **Coleta e análise de dados:** Foram avaliadas as postagens dos grupos *Pseudomonas* spp. publicadas nos anos de 2022, 2023, 2024 e 2025 do ‘Adote uma Bactéria’ utilizando as ferramentas de análise qualitativa, nuvem de palavras; e quantitativa, Índice de Diversidade de Shannon adaptado ao ensino pelo grupo. **Resultados:** Observaram-se variações na diversidade e uma tendência linear crescente de 0,85 na riqueza do discurso dos estudantes entre 2022 e 2025, evidenciando o impacto da mediação nesse processo. **Conclusões:** A participação dos mediadores enriquece o processo educativo ao mesmo tempo em que cria um espaço valioso para capacitação pedagógica e reforça a eficácia do Instagram como Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) para construção coletiva e formação de multiplicadores do conhecimento em Microbiologia.

Palavras-chave: mediadores; multiplicadores; Instagram; ensino-aprendizagem; *Pseudomonas*.

Corresponding author: Rita de Cássia Café Ferreira. Email: ritacafe@usp.br

Mediators and Multipliers in the #Adopt Project: The Impact of Mediation in Microbiology Education

ABSTRACT

Background: The #Adopt project combines traditional teaching with an active project-based teaching and learning methodology using social media ‘Adopt a Bacterium’ to train mediators and multipliers of knowledge in Microbiology. **Objectives:** This study sought to analyze the impact of mediation on the diversity and richness of discourse among higher education students regarding the pathogenicity of *Pseudomonas aeruginosa*. **Design:** This is a mixed study focused on discourse analysis. **Setting and Participants:** Through posts and interactions on Instagram, students enrolled in the Bacteriology course offered by the Institute of Biomedical Sciences at the University of São Paulo learn how to study bacteria, communicate science, collaborate with each other, and be self-employed with the support of undergraduate students who have already participated in the project and postgraduate students, known as mediators. **Data collection and analysis:** Posts from groups about *Pseudomonas*, published in 2022, 2023, 2024, and 2025 in the ‘Adopt a Bacterium’ were evaluated using word clouds, a qualitative analysis tool; and the Shannon Diversity Index adapted for teaching by the group, a quantitative analysis tool. **Results:** Variations in diversity and a linear upward trend of 0.85 in the richness of students' discourse were observed between 2022 and 2025, highlighting the impact of mediation in this process. **Conclusions:** The participation of mediators enriches the educational process while creating a valuable space for pedagogical training and reinforcing the effectiveness of Instagram as a Virtual Learning Environment (VLE) for collective construction and training of knowledge multipliers in Microbiology.

Keywords: mediators; multipliers; Instagram; teaching-learning; *Pseudomonas*.

INTRODUÇÃO

O estudo das bactérias, vírus, fungos e protozoários têm grande impacto em diversos setores da vida em sociedade, como aqueles voltados à saúde humana, agropecuária, indústria alimentícia e preservação ambiental sendo, portanto, fundamental para a compreensão do passado, presente e futuro. Considerada uma ciência de natureza abstrata, cujos objetos de estudo não são visíveis a olho nu, a educação em Microbiologia apresenta desafios que se tornam ainda mais difíceis de serem superados quando associados ao modelo tradicional de ensino. Embora amplamente questionado quanto à sua efetividade, esse modelo prevalece em grande parte das instituições de ensino superior. Nele, o professor é concebido como o detentor do conhecimento, entendido como passível de transmissão (frequentemente por meio de aulas expositivas); e o estudante como uma tábula rasa, que tem como função absorver e memorizar os conteúdos. Em contraposição, o mundo

contemporâneo demanda abordagens educacionais ativas, isto é, centradas no protagonismo discente; e contextualizadas, quando o conhecimento é articulado com o cotidiano dos estudantes (UNESCO, 1996).

Frente ao novo paradigma educacional, metodologias ativas de ensino-aprendizagem ganham cada vez mais projeção. Nesse sentido, desde 2013, a disciplina Bacteriologia (BMM0584/BMM0602), oferecida pelo Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB/USP) aos estudantes do primeiro ano de graduação do curso de Ciências Biomédicas e Ciências Fundamentais para Saúde, combina o ensino tradicional com estratégias inovadoras de ensino-aprendizagem para ressignificar a educação em Microbiologia no ensino superior (Baroni et al., 2024; Piantola et al., 2018). No ‘Adote uma Bactéria’, uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem baseada em projetos com mídias sociais do projeto #Adote, os estudantes aprendem a aprender a estudar bactérias, a comunicar ciência, a colaborar uns com os outros e a ser cada vez mais autônomos utilizando o Instagram como Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Nessa rede social, publicam postagens sobre o gênero ou espécie bacteriana adotada, utilizando o conteúdo das aulas expositivas como base para ancorar novas informações — coletadas, selecionadas, organizadas, gerenciadas e utilizadas conforme seus interesses e criatividade. Alunos de graduação que já passaram pelo projeto e pós-graduandos, os chamados mediadores, interagem com esses estudantes por meio de comentários nas postagens, identificando dificuldades conceituais, verificando a veracidade das informações compartilhadas e conduzindo-os a um nível de aprendizagem cada vez mais complexo ao promover discussões e propor pesquisas complementares com vista à construção de conhecimento em Bacteriologia.

Ao mesmo tempo, essa dinâmica favorece o desenvolvimento de competências pedagógicas em estudantes em diferentes níveis de formação. Aqueles que já participaram do projeto, assim como os estudantes de pós-graduação, passam a atuar como multiplicadores, contribuindo para a disseminação do conhecimento científico e divulgação para comunidade. Até o momento, oito publicações dão suporte à efetividade da metodologia ao descrever os parâmetros métricos de avaliação do seu impacto na aprendizagem dos estudantes e no desenvolvimento profissional em ensino dos mediadores (Tarantini et al., 2026; Picinin et al., 2025; Gozzi et al., 2025; Baroni et al., 2024; Dos Santos et al., 2024; Armellini et al., 2021; Taschner et al., 2020; Piantola et al., 2018).

Esse trabalho teve como objetivo analisar o impacto da mediação na diversidade e na riqueza do discurso dos estudantes sobre a patogenicidade de *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) nos últimos quatro anos do ‘Adote uma Bactéria’. A escolha desse microrganismo se justifica por sua relevância no contexto da saúde pública. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a resistência antimicrobiana a antibióticos é um fenômeno crescente que emerge como um dos mais complexos desafios de saúde pública do século XXI. Estima-se que possa ser responsável por aproximadamente 39 milhões de mortes nos próximos 25 anos (Naghavi et al., 2024). Ela ocorre quando doenças infecciosas anteriormente tratáveis se tornam difíceis ou impossíveis de tratar com os medicamentos disponíveis, tornando imperativo, dentre outras medidas, estimular pesquisas científicas voltadas à descoberta e ao desenvolvimento de novos antibióticos e novas abordagens terapêuticas.

Com esse objetivo, a OMS elaborou uma lista de patógenos bacterianos prioritários (World Health Organization, 2024). Nessa lista, *P. aeruginosa*, uma bactéria gram-negativa do grupo ESKAPE, composto pelas seis principais bactérias comumente associadas a infecções nosocomiais e altamente eficientes em resistir a múltiplas classes de antibióticos, sobretudo devido à capacidade de combinação entre mecanismos de resistência intrínseca, adquirida e adaptativa, foi classificada como de prioridade crítica (Miller & Arias, 2024). Dado o exposto, é fundamental que os estudantes compreendam, desde os anos iniciais do curso, os aspectos centrais da patogenicidade de *P. aeruginosa*. Esse conhecimento é essencial para promover uma visão crítica sobre os desafios da resistência bacteriana e incentivar o desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para a descoberta de alternativas terapêuticas ao uso de antibióticos contribuindo, dessa forma, para o enfrentamento de um problema global de saúde pública.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A velocidade com que novas informações surgem enquanto outras são reformuladas ou tornam-se obsoletas, a ampliação do acesso à informação proporcionada pela internet e, mais recentemente, as transformações na forma como se interage com a informação, impulsionadas pela inteligência artificial generativa, não inauguram mas impõem o reconhecimento de décadas de pesquisas em ensino que discutem a necessidade de mudar a maneira como os processos de ensino-aprendizagem são compreendidos e concretizados nas práticas pedagógicas que medeiam a educação no ensino superior.

É nesse cenário que emerge o Conectivismo, proposto por Siemens (2005) como uma teoria que busca compreender os processos de ensino-

aprendizagem na era digital. Entre seus princípios, destaca-se (i) a valorização das habilidades de buscar, avaliar, filtrar e integrar informações, isto é, letramento digital; (ii) capacidade de saber mais, ou seja, de aprender continuamente, deve ser mais importante do que o que se sabe no momento; (iii) além disso, a aprendizagem e o conhecimento são, nesse contexto, compreendidos como processos fundamentados na diversidade de opiniões. Ao serem expostos a uma pluralidade de perspectivas, os aprendizes desenvolvem o pensamento crítico e, por meio da conexão entre nós (unidades de informação dentro de uma rede, como outros aprendizes, professores, artigos, plataformas digitais, etc.), constroem uma compreensão mais profunda sobre um determinado conteúdo.

Nesse sentido, as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), como as mídias sociais, podem ser exploradas pedagogicamente para enriquecer os processos formativos. No projeto #Adote, uma mídia social é integrada ao processo educacional em Microbiologia, ampliando as possibilidades de interação entre mediadores e estudantes (e entre estudantes e seus pares) por meio de um modelo de comunicação bidirecional, assíncrono e extraclasse. Para Ferraz e Santos (2024), as mídias sociais favorecem a interação entre os indivíduos e promovem a cocriação e circulação de informações e conhecimentos em diferentes *espaçotempos*. Dada sua popularidade no Brasil entre os mais jovens e seu potencial educativo e formacional, a partir de 2021 o Instagram passou a ser explorado como AVA pelo grupo em alternativa ao Facebook (Armellini et al., 2025).

Ausubel (2000) destaca que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos interagem e transformam conhecimentos pré-existentes, reconhecendo que os estudantes não são desprovidos de saberes, mas portadores de concepções prévias fundamentais ao processo de ensino-aprendizagem. Assim, cabe ao professor criar condições que favoreçam a ancoragem entre esses conhecimentos, assumindo o papel de mediador do processo educativo. Tal compreensão dialoga diretamente com as contribuições de Vygotsky, que enfatiza a mediação como elemento central para a aprendizagem. Com base na Teoria da Mediação de Vygotsky, Fadeev (2019) diz que ambientes digitais de aprendizagem acentuam o papel da mediação, tanto simbólica quanto humana, no processo de ensino-aprendizagem. No Instagram, a mediação simbólica corresponderia àquela que se dá por meio de signos como reels, postagens no feed ou stories e legendas. Tal multimodalidade confere uma importante dimensão pedagógica à plataforma. Para Siegel (1995):

A transmediação, o ato de traduzir significados de um sistema de signos para outro, aumenta as oportunidades dos alunos de se envolverem no pensamento generativo e reflexivo porque os alunos devem inventar uma conexão entre os dois sistemas de signos, já que a conexão não existe a priori (p. 455).

Por sua vez, a mediação humana situa a aprendizagem na dimensão da comunicação. Segundo Vygotsky (1978), é no espaço formado entre a zona de desenvolvimento real, em que o aprendiz dispõe de capacidade para construir conhecimento de forma autônoma, e a zona de desenvolvimento potencial, em que o conhecimento a ser construído depende da orientação ou colaboração com alguém mais sábio, que ocorre a aprendizagem. Esse espaço foi chamado por ele de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e é nele que a mediação humana se materializa em forma de comunicação. O mediador é capaz de compreender o conhecimento que o aprendiz já possui e orientá-lo no processo de aprendizagem para construção de novos conhecimentos, oferecendo suporte cognitivo, psicomotor e afetivo com vista à autonomia.

No ‘Adote uma Bactéria’, esse papel é desempenhado por alunos de graduação que já passaram pelo projeto e pós-graduandos, que analisam as postagens criadas pelos estudantes de graduação e atuam por meio de comentários conduzindo-os a um nível de aprendizagem cada vez mais complexo. Paralelamente, essa vivência configura-se como uma importante oportunidade para desenvolvimento profissional dos mediadores ao contribuir para a formação pedagógica de uma nova geração de pesquisadores e docentes familiarizados com metodologias ativas de ensino-aprendizagem (Fahnert, 2026). Posto isso, compreender o impacto da mediação na educação em Microbiologia revela novas perspectivas sobre o processo de ensino-aprendizagem em ambientes virtuais.

METODOLOGIA

Metodologia ativa de ensino-aprendizagem do projeto #Adote: ‘Adote uma Bactéria’

O conteúdo curricular da disciplina Bacteriologia pode ser compreendido em três grandes categorias temáticas de conhecimento: 1. Morfologia, que inclui os conteúdos de morfologia, diversidade e ecologia bacteriana; 2. Fisiologia, que inclui nutrição, crescimento e metabolismo; e 3. Patogenicidade, que inclui genética, resistência antimicrobiana, controle de crescimento (agentes químicos e físicos) e patogenicidade. Segundo Piantola et al. (2018), no ‘Adote uma Bactéria’ os estudantes são organizados em cinco

grupos de até dez integrantes. A Tabela 1 mostra a distribuição dos grupos do ‘Adote uma Bactéria’ no Instagram ao longo dos últimos cinco anos.

Tabela 1

Distribuição dos grupos do ‘Adote uma Bactéria’ no Instagram por ano.

2021	2022	2023	2024	2025
			<i>Bacillus</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>		
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
			<i>Neisseria</i> spp.	
	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> spp.
	<i>Staphylococcus</i> spp.			<i>Staphylococcus</i> spp.
<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.
<i>Treponema pallidum</i>		<i>Treponema pallidum</i>		
<i>Vibrio cholerae</i>				
<i>Yersinia pestis</i>				

Ao final de cada categoria temática, cada grupo deve criar e publicar pelo menos uma postagem no Instagram, de forma livre e criativa, relacionando

o conteúdo estudado anteriormente em sala de aula com informações sobre o gênero e/ou espécie bacteriana adotada. Todas as postagens são publicadas em um perfil privado, criado especialmente para funcionar como AVA e garantir privacidade aos membros e controle do material. Sob supervisão, cada grupo conta com o suporte de pelo menos dois mediadores (estudantes de graduação que já participaram do projeto e pós-graduandos), que atuam por meio de comentários nas postagens identificando dificuldades conceituais e fornecendo feedbacks, verificando a veracidade das informações publicadas, levantando discussões e propondo novas pesquisas a fim de enriquecer o processo de aprendizagem e potencializar a compreensão dos estudantes sobre o conteúdo. As avaliações são realizadas continuamente a cada postagem. E, ao final do projeto, os grupos também são avaliados pela apresentação de um seminário a fim de socializar o conhecimento produzido para a turma, docentes e mediadores.

Ética

O projeto #Adote e esta pesquisa foram avaliados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) do ICB/USP e considerados isentos da necessidade de solicitar autorização para ser realizado (nº 990/2018 e nº1348/2024, respectivamente). Contudo, todos os participantes (mediadores e alunos) assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando o compartilhamento dos dados apresentados. Por meio desta declaração, isentamos a Acta Scientiae de quaisquer consequências resultantes, incluindo assistência integral e potencial indenização por qualquer dano sofrido pelos participantes da pesquisa, de acordo com a Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde do Brasil.

Análise de dados

A diversidade do discurso do grupo *Pseudomonas* spp. nas postagens sobre patogenicidade bacteriana em 2022, 2023, 2024 e 2025 foi analisada qualitativa e quantitativa por meio das ferramentas nuvens de palavras e Índice de Shannon adaptado ao ensino, respectivamente.

Nuvem de palavras

O texto (e/ou, em caso de vídeos, a transcrição) das postagens, legendas e comentários das postagens foi inicialmente simplificado em palavras-chave e, em seguida, transformado em nuvens de palavras com auxílio do site Word Cloud Generator (acesso disponível em jasondavies.com/wordcloud/). Nas nuvens de palavras, a diversidade do discurso considera tanto a variedade de

palavras-chave quanto o tamanho de cada uma (frequência de citação no texto, isto é, abundância relativa).

Índice de Diversidade de Shannon adaptado ao ensino

O Índice de Diversidade de Shannon é uma fórmula matemática amplamente utilizada para quantificar a diversidade de espécies em uma comunidade (Figura 1). Para isso, o cálculo considera tanto o número de espécies (riqueza), sejam elas raras ou não, quanto sua distribuição no ambiente analisado (equitabilidade) (Shannon, 1948).

Figura 1

Fórmula do Índice de Diversidade de Shannon (H').

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$$

Na fórmula, S é o número total de espécies; i equivale à espécie; n_i é a frequência absoluta de cada espécie na comunidade; N é o total de espécie na comunidade; $p_i = n_i/N$, isto é, a frequência relativa de cada espécie na comunidade. A fim de avaliar a diversidade do discurso dos estudantes, essa fórmula foi adaptada ao contexto da educação em Microbiologia (Armellini et al., 2021). A fórmula foi adaptada de tal forma que as palavras-chave são equivalentes às espécies (i), n_i é frequência absoluta de uma determinada palavra-chave no texto analisado; N é a soma de todas as palavras-chaves; p_i : frequência relativa de uma determinada palavra-chave no texto.

Sendo assim, inicialmente, palavras-chave extraídas do texto das postagens, legendas e comentários foram selecionadas para representar e descrever a complexidade do discurso sobre patogenicidade. Sinônimos foram considerados equivalentes, bem como as formas de flexão de número dos substantivos (singular e plural). Em seguida, cada palavra-chave teve sua frequência relativa calculada e analisada matematicamente pelo Índice de Diversidade de Shannon, que então determinou a riqueza do discurso em cada ano. Por fim, uma análise de tendência por meio de regressão linear simples foi realizada entre os valores obtidos. Os dados foram representados graficamente utilizando o software WPS *Spreadsheets*. Quanto maior o valor do Índice de Diversidade de Shannon, mais diverso, rico e complexo é o discurso dos estudantes sobre o assunto.

RESULTADOS E ANÁLISES

As nuvens de palavras evidenciaram as particularidades do conteúdo produzido por cada grupo nos quatro anos analisados. Em 2022, em 88 palavras-chave únicas de um total de 242, os estudantes exploraram com maior frequência os mecanismos de resistência ('bombasdeefluxo', 'blactamases', 'permeabilidade', 'biofilme', etc.) às principais classes de antibióticos utilizadas no tratamento de infecções por *P. aeruginosa* (como 'blactâmicos', 'cefalosporinas', 'fluoroquinolonas', 'penicilina' e 'polimixina'), bem como os mecanismos de ação desses medicamentos ('paredecelular', 'estrutura', 'peptideoglicanos', etc.) (Figura 2). Mencionaram também os principais fatores de virulência (por exemplo, 'lipopolissacarídeos', 'toxinas' e 'adesão') que a tornam um patógeno oportunista altamente infeccioso e, por vezes, mortal.

Figura 2

Diversidade do discurso do grupo Pseudomonas spp. no 'Adote uma Bactéria' em 2022.



Curiosamente, em 2023, o grupo explorou com maior frequência os aspectos gerais da patogenicidade relacionados à diversidade do gênero ('controle', 'tratamento', 'fatoresdevirulência', 'imunodeprimidos', 'mecanismosdeação', 'resistência', etc.) (Figura 3). Entre as 94 palavras-chave únicas de um total de 190 é possível identificar principalmente aquelas

relacionadas aos mecanismos de resistência aos antibióticos (como ‘biofilme’, ‘bombasdeefluxo’, ‘mutações’, ‘resistênciadquirida’ e ‘resistenciaintrínseca’) e aos fatores de virulência de *P. aeruginosa* (por exemplo, ‘ramnolipídeos’, ‘t3ss’, ‘toxinas’, ‘dnase’ e ‘enzimas’).

Figura 3

Diversidade do discurso do grupo Pseudomonas spp. no ‘Adote uma Bactéria’ em 2023.



made with jasondavies.com/wordcloud

Em 2024, o grupo explorou com maior frequência tanto os mecanismos ação (‘paredecelular’, ‘proteínas’, ‘ribossomos’, etc.) das principais classes de antibióticos utilizados no tratamento contra infecções (por exemplo, ‘bacteriostáticos’, ‘bactericidas’, ‘blactâmicos’, ‘quinolonas’, ‘blactâmicos’), quanto os mecanismos de resistência (‘biofilme’, ‘enzimas’, ‘blactamase’, ‘bombasdeefluxo’, ‘topoisomeraseiv’, etc.) e fatores de virulência (‘exotoxinaa’, ‘adesinas’, ‘ramnolipídeos’, entre outros.) de *P. aeruginosa* (Figura 4). Entre as 191 palavras-chave únicas de um total de 482, ainda é possível observar aquelas relacionadas ao genoma e aos mecanismos de regulação da patogenicidade bacteriana (‘regulaçãogênica’, ‘expressãogênica’, ‘quorumsensing’, etc.), o que não havia sido explorado pelos grupos anteriores.

Figura 4

*Diversidade do discurso do grupo *Pseudomonas* spp. no ‘Adote uma Bactéria’ em 2024.*



Por fim, em 2025, entre as 319 palavras-chave de um total de 755, destacam-se especialmente aquelas relacionadas aos mecanismos de regulação da patogenicidade de *P. aeruginosa*, como ‘genes’, ‘quorumsensing’, ‘expressão gênica’ e ‘c-di-GMP’ (Figura 5). Observa-se um nível maior de detalhamento nesse sentido, conforme evidenciado pela menção aos sistemas ‘lasir’ e ‘rhlir’ e a ênfase em palavras-chave relacionadas a formação de ‘biofilme’, como os genes ‘pel’ e ‘psl’ e aquelas que remetem ao contexto clínico ‘infecção’, ‘sistema imune’, ‘pulmões’, ‘fibrose cística’, ‘cateteres’, entre outras.

Figura 5

Diversidade do discurso do grupo *Pseudomonas spp.* no ‘Adote uma Bactéria’ em 2025.



De forma complementar, os resultados do Índice de Diversidade de Shannon revelaram um aumento de 0,85 na riqueza do discurso sobre a patogenicidade de *P. aeruginosa* entre os anos de 2022 (1,63) e 2025 (2,48) (Tabela 2).

Tabela 2

Palavras-chave selecionadas para calcular o Índice de Diversidade de Shannon.

Palavras-chave (i)	n _i por ano			
	2022	2023	2024	2025
resistência	14	13	32	16
virulência	2	9	9	14

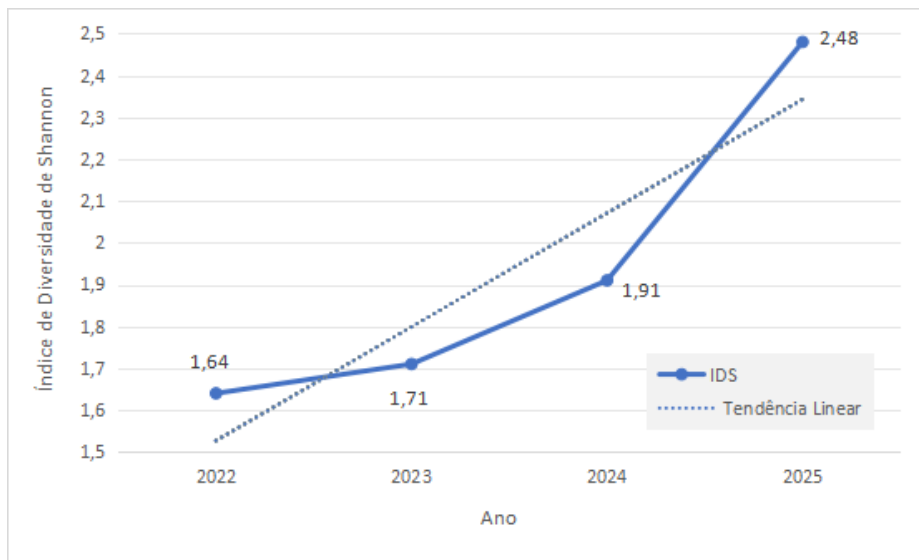
biofilme	2	3	14	23
quorumsensing/autoindutor/ahl/rhl/las	0	0	21	70
infecção	23	7	11	25
adesão/fimbria/pili	11	0	3	18
genética/genes/genoma/genótipo/dna/material genético /regulação gênica/expressão gênica	3	0	30	39
lipopolissacarídeos/toxinas	9	3	4	10
ramnolipídeos	0	2	1	2
t3ss	0	2	1	4
N	44	34	11	18
			8	9
H'	1, 64	1, 71	1, 91	2, 48

Note. Índice de Diversidade de Shannon (H') = $-\sum p_i \cdot \ln p_i$, onde $p_i = n_i/N$. Palavras-chave (i); n_i é a frequência absoluta de uma determinada palavra-chave no texto analisado; N é a soma de todas as palavras-chave; p_i : frequência relativa de uma determinada palavra-chave no texto analisado.

Quando analisados em conjunto, os dados apontam para uma tendência linear crescente no período analisado (Figura 6).

Figura 6

*Tendência linear crescente na riqueza do discurso dos estudantes sobre a patogenicidade de *Pseudomonas aeruginosa* entre 2022 e 2025.*



DISCUSSÃO

O uso de redes sociais como plataformas educativas tem sido amplamente explorado no ensino superior, com destaque para o Facebook, cujo emprego com esse propósito já se encontra consolidado na literatura. Mais recentemente, acompanhando o deslocamento dos estudantes, o Instagram tem ganhado visibilidade, sobretudo pela diversidade de recursos multimodais que oferece (Coelho et al., 2020; Armellini et al., 2025). Nesse contexto, métricas como quantidade de visualizações e interação (curtidas, compartilhamento ou comentários) vêm sendo utilizadas como referenciais para mensurar a efetividade das postagens — frequentemente criadas pelos próprios docentes — no que se refere ao engajamento com o conteúdo (Moreira et al., 2023). Entretanto, ainda são limitadas as abordagens para identificar e analisar com a devida robustez o impacto da criação de postagens na aprendizagem dos estudantes, seja no ensino básico ou superior (Alonzo et al., 2022; Perez et al., 2023; Oliveira & Costa, 2023; Piantola et al., 2018).

Segundo Ausubel (2000), a predisposição para aprender é uma condição determinante para uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, o exercício de autoria representa um componente fundamental, uma vez que o

foco deixa de ser o consumo e passa a ser a produção, fomentando a autonomia e corresponsabilidade dos estudantes pelo seu próprio processo de ensino-aprendizagem. Além disso, no ‘Adote uma Bactéria’, a própria necessidade de transpor conteúdos de um sistema de signos para outro, como de anotações em sala de aula para postagens, cria condições para que os alunos se envolvam mais ativamente com o conteúdo. Ao valorizar a experiência sociocultural dos alunos na produção de textos em diferentes linguagens (visuais, verbais e multimodais), ampliam-se as possibilidades de expressão e de elaboração conceitual, favorecendo a construção de conhecimentos significativos em Microbiologia. Dessa forma, o Instagram configura-se como um mediador simbólico fundamental para a construção de significados (Siegel, 1995).

Diante do exposto, pesquisas recentes têm investido na análise do discurso presente nas postagens e comentários realizados por estudantes no Instagram como uma forma de compreender o desenvolvimento da aprendizagem nessa plataforma digital. Na área de Pesquisa em Ensino em Microbiologia no contexto do ensino superior, Baroni et al. (2024) investigaram o progresso de aprendizagem por meio da análise da diversidade e riqueza do discurso dos estudantes sobre a bactéria *Escherichia coli* em publicações no Instagram valendo-se de nuvens de palavras e do Índice de Diversidade de Shannon adaptado ao ensino. Em continuidade, Picinin et al. (2025), utilizando o Iramuteq, realizaram uma avaliação sistemática de postagens sobre o gênero bacteriano *Streptococcus*, fortalecendo o uso de abordagens qualitativas baseadas no discurso como estratégia para identificar evidências de aprendizagem. Recentemente, Tarantini et al. (2026) investigaram o impacto do tipo de mídia social sobre o discurso de estudantes da geração Z a respeito dos gêneros bacterianos *Bacillus* e *Streptococcus* em postagens no Facebook e Instagram. Os resultados da pesquisa demonstraram que embora uma plataforma privilegie uma ênfase mais textual e a outra uma abordagem mais visual, o que se refletiu na densidade das nuvens de palavras, essas diferenças não afetaram a riqueza do discurso dos estudantes.

Em consonância com estudos anteriores, a análise do discurso realizada neste trabalho reafirmou a contribuição das nuvens de palavras e do Índice de Diversidade de Shannon para avaliar o impacto das postagens na aprendizagem dos estudantes, mas, sobretudo, evidenciou o papel decisivo da mediação humana nesse processo (Aguiar et al., 2023; Moran et al., 2000; Fadeev, 2019). Embora todos os estudantes tenham tido como ponto de partida o mesmo conteúdo ministrado em sala de aula, as nuvens de palavras evidenciam não apenas particularidades entre os grupos, mas, sobretudo, uma progressão no nível de complexidade do discurso ao longo dos anos. Em 2022, observa-se

uma ênfase nos mecanismos de resistência e na ação dos antimicrobianos; em 2023, a atenção recaiu principalmente sobre aspectos gerais da patogenicidade, especialmente relacionados à diversidade do gênero como um todo; em 2024 observa-se pela primeira vez menções aos mecanismos de regulação da patogenicidade bacteriana; e, em 2025, esses mecanismos são destaque no discurso dos estudantes sobre o assunto. Nesse ano, alterações no cronograma afetaram a abordagem dos conteúdos sobre genética, resistência antimicrobiana e controle de crescimento na categoria temática Patogenicidade. Entretanto, ao contrário do esperado, essa reorganização favoreceu o aumento da diversidade do discurso dos estudantes sobre o assunto.

A espécie *P. aeruginosa* destaca-se pela sua alta capacidade de formar biofilmes — uma comunidade microbiana fortemente aderida a uma superfície (biótica, como os pulmões, ou abióticas, como dispositivos hospitalares) e envolvida por uma matriz extracelular, que não só dificulta a penetração de fármacos e, conseqüentemente, reduz a sensibilidade bacteriana aos antibióticos, como também cria um ambiente favorável à troca de genes de resistência (Liu et al., 2024). Entre os principais mecanismos envolvidos na regulação da formação de biofilmes por essa bactéria, o *quorum sensing* desempenha um papel central (Tuon et al., 2022). Esse é um mecanismo dependente de densidade populacional, que envolve a síntese, a detecção e a resposta a moléculas autoindutoras (AIs). Nessa espécie, destacam-se dois sistemas de *quorum sensing*, LasIR e RhlIR, cujos principais AIs são moléculas da classe das acil-homoserina lactona (AHLs), 3-oxo-C12-AHL e C4-AHL, respectivamente (Lee & Zhang, 2014). Além do biofilme, ambos os sistemas estão envolvidos na regulação da expressão de importantes fatores de virulência dessa bactéria, como proteases, elastases, lectinas, exotoxina-A e sideróforos. O estudo desse mecanismo tem contribuído para o diagnóstico precoce de infecções e o desenvolvimento de abordagens terapêuticas alternativas ao uso de antimicrobianos convencionais (Miller & Gilmore, 2020; Kalia, 2013). Mais do que um ganho de conteúdo, a incorporação desses conceitos ao discurso dos estudantes ao longo dos anos indica um avanço na capacidade de articular conceitos em diferentes níveis de complexidade.

As variações observadas no discurso entre os grupos reforçam o caráter singular do processo de aprendizagem, uma vez que os grupos (e de maneira mais profunda, cada estudante do grupo) diferem em sua zona de desenvolvimento real e, por consequência, mobilizam o conteúdo de acordo com seus repertórios, interesses individuais e formas de pensar (Vygotsky, 1978). Mas, mais do que isso, reforçam que a aprendizagem requer processos ativos de construção do conhecimento e é potencializada pela comunicação.

Nesse sentido, a tendência linear crescente de 0,85 observada na riqueza do discurso, evidenciada pelo aumento progressivo de 0,08 entre 2022 e 2023; de 0,19 entre 2023 e 2024; e de 0,57 entre 2024 e 2025 no Índice de Diversidade de Shannon sobre o conteúdo, indica que a diversidade discursiva também é resultado da ação intencional dos mediadores. O mediador, por meio da análise do discurso dos estudantes em tempo real, é capaz de identificar necessidades e direcionar intervenções pedagógicas de forma mais estratégica, apoiando o processo de ensino-aprendizagem por meio da comunicação.

Essa colaboração com “pares mais capazes”, representados no ‘Adote uma Bactéria’ pelos alunos de graduação que já participaram do projeto e que, portanto, dominam o conteúdo, e por estudantes de pós-graduação, é favorecida pelo Instagram enquanto AVA, especialmente em contextos nos quais a interação em sala de aula é limitada ou pouco produtiva. Nesse processo, estudantes de pós-graduação e estudantes de graduação aprendem, pois “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 1996). Cabe reconhecer, contudo, que uma maior riqueza de discurso no material analisado não se traduz, necessariamente, em maior compreensão conceitual; assim como o contrário não implica, por si só, em menor compreensão.

CONCLUSÕES

A análise do discurso dos estudantes sobre a patogenicidade de *Pseudomonas aeruginosa*, por meio de nuvens de palavras e Índice de Diversidade de Shannon, conferiu um importante indicador do processo de ensino-aprendizagem dos últimos quatro anos do ‘Adote uma Bactéria’ e evidenciou a importância de investir na formação continuada de estudantes de graduação e pós-graduação como mediadores, enquanto estratégia para a transformação da prática docente, reforçando a eficácia do Instagram como ambiente virtual de ensino-aprendizagem para construção coletiva e formação de multiplicadores do conhecimento em Microbiologia.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à participação voluntária dos estudantes dos cursos de Ciências Biomédicas e Ciências Fundamentais para Saúde da Universidade de São Paulo, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil, 001) e ao CEPID B3/Fapesp (Centro de Pesquisa, Inovação e Difusão da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2023/12063-9) pelo apoio financeiro.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

CCMC foi responsável pela conceituação, obtenção de dados, análise formal, investigação, administração do projeto, visualização e escrita; BRCA contribuiu com a metodologia, revisão e edição do texto; RSF realizou a análise formal, revisão e edição; RCCF atuou na conceituação, fornecimento de recursos, validação, visualização, orientação e supervisão de todo o processo. Todas as autoras aprovaram a versão final do trabalho.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que suportam os resultados deste estudo poderão ser disponibilizados pelas autoras CCMC e RCCF mediante solicitação razoável.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, A. A. R. M., Ferreira, L. C., Sampaio, R. A. G., de Sousa, J. M., & Mariano, E. de F. (2023). Novas tecnologias e mediação pedagógica. Preparação Pedagógica: concepções para a prática educativa no Ensino Superior, 33–50. <https://doi.org/10.58203/Licuri.83152>
- Alonzo, D., Oo, C. Z., Wijarwadi, W., & Hannigan, C. (2022). Using social media for assessment purposes: Practices and future directions. *Frontiers in Psychology*, 13, 1075818. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1075818>
- Armellini, B. R. C., La Luna, A., Bueris, V., Pinto, A. de A., Moraes, A. T., Krzyzanowski, F., Hasten, V. S. R., Lellis, C. S., & Ferreira, R. de C. C. (2021). Comparison of hybrid learning and remote education in the implementation of the “Adopt a Microorganism” methodology. *Plos One*, 16(11), e0248906. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248906>
- Armellini, B. R. C., Baroni, L. N., Brito, S. C. M., Moreno, A. C. R., Souza, R. F. de S., Santos, C. L., & Ferreira, R. de C. C. (2025). Facebook® ao Instagram®: adaptando o projeto “Adote uma Bactéria” sob a perspectiva da teoria da aprendizagem conectivista. *Revista on Line de Política e Gestão Educacional*, e025084. <https://doi.org/10.22633/rpge.v29i00.20732>
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7>

- Baroni, L. N., Canjani, R. B., Brito, S. C. M., Armellini, B. R. C., Ogusku, B. S. C., Souza, R. F. D., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. de C. C. (2024). *Escherichia coli* as a model for evaluating the progress of learning undergraduate students in microbiology. *Revista on Line de Política e Gestão Educacional*, e023022. <https://doi.org/10.22633/rpge.v28i00.19569>
- Fahnert, B. (2026). Putting science centre stage-Learning together for our future. *FEMS Microbiology Letters*, fnag004. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnag004>
- Coelho, F. M. T. da S., Costa, M. J. M., & Bottentuit Junior, J. B. (2020). O professor cíbrido: o Instagram como mídia de apoio à educação no ensino superior. *Intercâmbio*, 45. <https://revistas.pucsp.br/index.php/intercambio/article/view/50441>
- UNESCO. (1996). *Learning: The treasure within; report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*.
- Oliveira, A. F. da S., & Costa, C. J. de S. A. (2023). Avaliação da aprendizagem e redes sociais: uma análise sobre o uso do Instagram como prática pedagógica sob uma perspectiva de avaliação mediadora. *Em Teia | Revista De Educação Matemática E Tecnológica Iberoamericana*, 14(1), 80–99. <https://doi.org/10.51359/2177-9309.2023.257088>
- Dos Santos, H. C. de A. S., Armellini, B. R. C., Naves, G. L., Bueris, V., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. de C. C. (2024). Using “Adopt a Bacterium” as an e-learning tool for simultaneously teaching microbiology to different health-related university courses. *FEMS Microbiology Letters*, 371. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnae033>
- Fadeev, A. (2019). Vygotsky’s theory of mediation in digital learning environment: Actuality and practice. *Punctum. International Journal of Semiotics*, 5(1), 24–44. <https://doi.org/10.18680/hss.2019.0004>
- Ferraz, A., & Santos, E. (2023). Instagram Como Ambiente Virtual de Aprendizagem na Formação de Professores na Ciberultura. *Revista Internacional De Educação De Jovens E Adultos*, 5(09), 35–52. <https://www.revistas.uneb.br/rieja/article/view/15605>
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática*

- Gozzi, I. C. C., Rosa, B. G., Medeiros, I., Silva, B. D. L., Rodrigues, G. M., Yoshihara, F. A. N., Custódio, G. T., de Lucena, J. R. F., Baroni, L. N., Moreno, A. C. R., & Ferreira, R. de C. C. (2025). The adoption of a superhero bacteria: *Escherichia coli* and its adventures in microbiology education. *FEMS Microbiology Letters*, 372. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaf042>
- Kalia, V. C. (2013). Quorum sensing inhibitors: An overview. *Biotechnology Advances*, 31(2), 224–245. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.10.004>
- Lee, J., & Zhang, L. (2014). The hierarchy quorum sensing network in *Pseudomonas aeruginosa*. *Protein & Cell*, 6(1), 26–41. <https://doi.org/10.1007/s13238-014-0100-x>
- Liu H. Y., Prentice E. L., Webber, M. A. (2024). Mechanisms of antimicrobial resistance in biofilms. *Npj Antimicrobials and Resistance*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s44259-024-00046-3>
- Miller C., & Gilmore, J. (2020). Detection of Quorum-Sensing Molecules for Pathogenic Molecules Using Cell-Based and Cell-Free Biosensors. *Antibiotics*, 9(5), 259. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050259>
- Miller, W. R., & Arias, C. A. (2024). ESKAPE pathogens: antimicrobial resistance, epidemiology, clinical impact and therapeutics. *Nature Reviews Microbiology*, 22(10), 598–616. <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01054-w>
- Moran, J. M., Behrens, M. A., Masseto, M. T. (2000). *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Papirus.
- Moreira, T. C. P., Santos, R. T. dos, Santos, D. M. dos, Soeira, M. R. C., Vieira, J. F. I., & Farias, C. R. G. de (2023). O uso do Instagram como ferramenta de ensino e aprendizagem. *ETD - Educação Temática Digital*, 25, e023076. <https://doi.org/10.20396/etd.v25i00.8667384>
- Naghavi, M., Vollset, S. E., Ikuta, K. S., Swetschinski, L. R., Gray, A. P., Wool, E. E., Robles Aguilar, G., Mestrovic, T., Smith, G., Han, C., Hsu, R. L., Chalek, J., Araki, D. T., Chung, E., Raggi, C., Gershberg Hayoon, A.,

- Davis Weaver, N., Lindstedt, P. A., Smith, A. E., & Altay, U. (2024). Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance 1990–2021: a Systematic Analysis with Forecasts to 2050. *The Lancet*, 404(10459), 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(24)01867-1)
- Perez, E., Manca, S., Fernández-Pascual, R., & Mc Guckin, C. (2023). A systematic review of social media as a teaching and learning tool in higher education: A theoretical grounding perspective. *Education and Information Technologies*, 28, 11921–11950. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11647-2>
- Piantola, M. A. F., Moreno, A. C. R., Matielo, H. A., Taschner, N. P., Cavalcante, R. C. M., Khan, S., & Ferreira, R. de C. C. (2018). Adopt a Bacterium - an active and collaborative learning experience in microbiology based on social media. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), 942–948. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.04.005>
- Picinin, N. G., Baroni, L. N., Almeida, L. G. de, & Ferreira, R. de C. C. (2025). Análise de conteúdo sobre o gênero *Streptococcus* no projeto “Adote uma Bactéria.” *Caderno Pedagógico*, 22(10), e18906. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n10-064>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Siegel, M. (1995). More than Words: The Generative Power of Transmediation for Learning. *Canadian Journal of Education*, 20(4), 455–475. <https://doi.org/10.2307/1495082>
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
- Tarantini, G., Correia, C. C. M., & Ferreira, R. de C. C. (2026). A geração Z e o uso do Instagram® como ambiente virtual de aprendizagem na metodologia ativa “Adote uma Bactéria.”. *STUDIES in EDUCATION SCIENCES*, 7(2), e23465. <https://doi.org/10.54019/sesv7n2-003>
- Taschner, N. P., de Almeida, L. G., Pose, R. A., & Ferreira, R. C. C. (2020).

Adopt a Bacterium: a professional development opportunity for teacher assistants. *FEMS Microbiology Letters*, 367(16).
<https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa131>

Tuon, F. F., Dantas, L. R., Suss, P. H., & Tasca Ribeiro, V. S. (2022). Pathogenesis of the *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm: A Review. *Pathogens*, 11(3), 300. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030300>

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. In *JSTOR*. Harvard University Press.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>

World Health Organization. (2024). *WHO bacterial priority pathogens list, 2024*. World Health Organization.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>