

Efetividade de uma Metodologia Ativa vs. Tradicional: Um Estudo de Caso de um Método Comparativo Leve em uma Disciplina de Redes de Computadores

Ricardo Couto Antunes da Rocha

¹Instituto de Biotecnologia
Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Catalão – Catalão, GO – Brasil

`rcarocho@ufcat.edu.br`

Abstract. *Methodologies for comparing active learning techniques and traditional teaching are usually demanding regarding teaching staff and class availability. This paper presents a lightweight methodology for producing a relative evaluation between two teaching methodologies in terms of relative success rate of each student. We applied the method in a Computer Networks course class offered by a Computer Science department in Brazil. The results of this case study have shown that, on average, the effectiveness of peer instruction overlapped a traditional teaching method by 75%, for 80% of students. The paper also discusses the limitations of the proposed metric.*

Resumo. *A comparação da efetividade de uma metodologia ativa com métodos tradicionais usualmente exige recursos que nem sempre são condizentes com o contexto de oferta de disciplinas, tamanho de turmas e disponibilidade de pessoal da universidade ou departamento. Este artigo apresenta um método leve de avaliação relativa entre duas metodologias em ensino, quantificando a taxa de sucesso relativa dos alunos em cada método. O método foi aplicado em uma turma de Redes de Computadores 1, para um curso de Ciência da Computação oferecido em uma universidade federal. Para 80% dos alunos, o aproveitamento na metodologia ativa de instrução por pares se mostrou, na média, 75% maior que o método tradicional de ensino, de acordo com a métrica proposta. O artigo discute também as limitações da métrica adotada.*

1. Introdução

As metodologias ativas têm sido alvo de escrutínio há diversos anos. As evidências demonstram que tais métodos têm impacto na melhoria da retenção de conhecimento [Zingaro 2014, Akçayır and Akçayır 2018], aumento da taxa de sucesso dos alunos [Simon et al. 2013], e engajamento dos alunos na disciplina [Deslauriers et al. 2019], sobretudo no caso da metodologia de *instrução por pares*,

Embora não falem evidências sobre o efeito benéfico dessa metodologia, a avaliação da efetividade de um método no cenário de uma disciplina em particular permite: (i) aumentar o poder de convencimento dos alunos acerca dos benefícios do método e seu resultante engajamento, (ii) avaliar e validar o funcionamento do método em um contexto específico, e (iii) ajudar a identificar a adequação da aplicação da metodologia em uma disciplina.

O objetivo deste trabalho é propor um método de avaliação relativa entre duas metodologias de ensino que permita quantificar a efetividade relativa de um método em um contexto restritivo de docentes e turmas. Nós desenvolvemos este método como resposta a um cenário em que uma metodologia ativa não pode ser aplicada na totalidade de um curso e utilizamos essa restrição como uma oportunidade para implementar uma avaliação da metodologia aplicada. Como contribuição adicional, este artigo apresenta um relato de experiência de uso de instrução por pares (*peer instruction*) em uma disciplina de Redes de Computadores, oferecida em um curso de graduação em Ciência da Computação, e a aplicação do método proposto para avaliar os benefícios da metodologia na disciplina.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 discute as motivações para a criação de um método de avaliação de metodologias de ensino, o contexto particular em que ele se aplica e as questões de pesquisa que serviram de referência para este trabalho. A Seção 3 discute as características dos métodos de comparação de metodologias de ensino encontrados na literatura, particularmente envolvendo instrução por pares. A Seção 4 apresenta a metodologia de avaliação proposta neste trabalho e que serviu de base para avaliação da efetividade dos dois métodos usados em uma disciplina. A Seção 5 apresenta o contexto e estrutura da disciplina de Redes de Computadores 1, que foi utilizada para avaliação da metodologia com o método proposto, enquanto que a Seção 6 apresenta e discute os resultados obtidos. A Seção 7 resume as conclusões do trabalho e aponta possíveis futuros trabalhos.

2. Motivação e Questões de Pesquisa

A literatura em instrução por pares e outros métodos ativos provê diversas pesquisas em comparação da efetividade da metodologia em relação ao ensino tradicional. Usualmente, para comparar diretamente uma metodologia ativa com outro método, as pesquisas exigem o estabelecimento de grupos de teste e grupos de controle, o que pode contrastar com a capacidade e disponibilidade dos departamentos e professores. Há ainda uma dificuldade em controlar a influência de variáveis nos grupos, como diversidade dos professores e estudantes envolvidos, ou mesmo do conteúdo avaliado, quando a pesquisa é aplicada em diferentes disciplinas.

Neste contexto, este trabalho propõe as seguintes perguntas de pesquisa para orientarem o método proposto:

- RQ1** Como comparar quantitativamente a efetividade de duas metodologias de ensino em um contexto limitado de turmas e docentes?
- RQ2** É possível obter resultados qualitativos consistentes com os obtidos na literatura em um contexto restrito a uma turma?

Outra motivação deste trabalho é avaliar uma implantação de metodologia baseada em instrução por pares. Neste caso, nós pretendemos validar a aplicação do método de ensino utilizado pelo professor, em um contexto particular de uma disciplina, permitindo ao professor identificar quando correções precisam ser feitas. Além disso, nós pretendemos utilizar a avaliação para diminuir a resistência dos alunos ao método de instrução por pares, permitindo que eles percebam as nuances dos métodos e como isso afeta o próprio aprendizado.

3. Trabalhos Relacionados

A literatura em educação superior é rica em trabalhos para avaliação da efetividade de metodologias ativas e instrução por pares. Nesta seção, nós iremos nos concentrar nas mais relevantes pesquisas que avaliam quantitativamente o método de instrução por pares, em inglês *peer instruction*, que é o método adotado no estudo de caso deste trabalho.

Há dois trabalhos que se destacam na avaliação do método de instrução por pares: [Crouch and Mazur 2001] e [Hake 1998]. Crouch e Mazur [Crouch and Mazur 2001], este o proponente do método no início dos anos 90, avaliaram a aplicação do método de instrução por pares ao longo de 10 anos, por meio da aplicação de pré-testes e pós-testes para verificar a assimilação de conteúdo. O método foi aplicado em turmas utilizando a metodologia tradicional (250 alunos) e oito turmas com o método de instrução por pares (1374 alunos), em disciplinas de cálculo e álgebra. A avaliação considerou o ganho absoluto entre as duas avaliações. Hake [Hake 1998] aplicou um método de avaliação similar para avaliar a assimilação em disciplinas introdutórias de física. No caso relatado, a avaliação foi aplicada em 62 turmas (6500 alunos) e em diversas universidades, sendo que 14 utilizavam a metodologia tradicional, enquanto 48 utilizavam metodologias ativas, como elementos preponderantes do método de instrução por pares. A avaliação considerou o ganho normalizado a partir da relação pré-testes e pós-testes. Devido à limitação de espaço, nós apresentaremos no restante desta seção, pesquisas em avaliação de metodologias aplicadas em cursos de Ciência da Computação ou afins.

Zingaro [Zingaro 2014] aplicou a avaliação em duas turmas de um curso introdutório à programação, cada uma com um método. A avaliação considerou, além do resultado final da disciplina e notas em exames, uma medida de autoeficácia dos alunos, baseando-se na resposta de um questionário produzido em outro trabalho. Simon *et al.* [Simon et al. 2013] comparou duas turmas de um curso introdutório em computação sob a responsabilidade de um mesmo professor, sendo que uma delas utilizava instrução por pares. A análise foi baseada no resultado final (notas) dos alunos. Deshpande *et al.* [Deshpande et al. 2019] realizou a comparação de duas metodologias em turmas diferentes de uma disciplina de cybersegurança, após a reestruturação da disciplina para instrução por pares. Os autores coletaram dados por três semestres, dois dos quais utilizando a metodologia tradicional. A avaliação dos métodos foi composta de resultados de exercícios e de exames, resultando em uma melhoria de 13% e 3%, respectivamente. A avaliação considerou também a efetividade dos métodos em termos de taxa de sucesso do curso (não desistência).

Salguero *et al.* [Salguero et al. 2020] fez um estudo longitudinal e em longo prazo em cursos introdutórios de programação para estudantes sem experiência prévia em computação, considerando que o fluxo de alunos nos cursos permitia essa segmentação nas turmas. Os autores consideraram uma refatoração dos cursos a partir da inclusão de três abordagens metodológicas, sendo uma delas a instrução por pares. A avaliação entre os cursos considerou a aprovação e a retenção no curso a longo prazo, a partir do acompanhamento dos alunos ao longo do desenvolvimento do curso. A avaliação considerou os alunos de duas turmas: uma com a refatoração proposta e outra sem a refatoração. Bispo Jr e Lopes [Bispo Jr. et al. 2021] apresentam um análise ampla de diversos critérios de avaliação de efetividade de metodologias ativas, incluindo instrução por pares, que pode ser utilizada pelo leitor para complementar esta discussão.

4. Metodologia de Comparação entre Métodos

O método proposto considera que a disciplina objeto da avaliação oferecerá, para uma mesma turma de alunos, aulas que utilizam as duas metodologias a serem comparadas. Neste artigo, utilizaremos **PL** para denotar metodologias ativas, particularmente o método de instrução por pares, e **EX** para denotar metodologias tradicionais de exposição de conteúdo em sala de aula. As aulas devem ser divididas em aulas que utilizam a metodologia PL e aulas que utilizam a metodologia EX. Preferencialmente, essas aulas devem ser intercaladas e deve haver o mesmo número de aulas para cada um dos tipos de metodologia, para que a análise comparativa entre os métodos seja a mais justa possível.

Para quantificar o aproveitamento do conteúdo de uma aula, nós utilizaremos dados coletados de questões de avaliação de conteúdos de aulas aplicadas em ambiente controlado (por exemplo, em provas). As questões devem satisfazer os seguintes critérios: (i) deve haver uma ou mais questões explorando precisamente o conteúdo de um tipo de aula; (ii) deve haver o mesmo número de questões para cada tipo de conteúdo; e (iii) a natureza das questões (objetivas ou discursivas) e a sua complexidade, deve ser a mesma entre diferentes tipos de conteúdo. O professor deverá armazenar, para cada aluno, o valor obtido em cada questão.

4.1. Eficiência Relativa do Método

Seja Q um conjunto de questões utilizadas para avaliar o conteúdo das aulas de uma disciplina. Seja $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ o subconjunto de Q das questões para conteúdo apresentado com o método PL e $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ o subconjunto de Q das questões para conteúdo apresentado com o método EX, sendo que $n \approx k$. Seja $u(q_i)$ uma função que retorna o valor máximo de uma questão q_i e $s(q_i)$ uma função que retorna o valor obtido na questão q_i pelo aluno.

A taxa de sucesso por aluno em um conteúdo PL e EX é expressa por S_L e S_E , respectivamente, nas equações:

$$S_L = \frac{\sum_{i=1}^n s(l_i)}{\sum_{i=1}^n u(l_i)} \quad S_E = \frac{\sum_{i=1}^k s(e_i)}{\sum_{i=1}^k u(e_i)} \quad (1)$$

A eficiência relativa individual com o método PL em relação ao método EX é dada por $I_{PL/EX}$, calculada pela equação

$$I_{PL/EX} = \frac{S_L}{S_E} \quad (2)$$

Para efeito de simplificação, as equações de S_L e S_E acima não levam em consideração o peso entre as questões de um mesmo método. Entretanto, na prática pode-se levar em consideração a aplicação de pesos, caso um tipo de questão seja mais complexa (exemplo: discursiva vs. objetiva) ou relacionado a conteúdo notadamente mais complexo, desde que a diferença de complexidade seja mensurável.

Entre as questões de diferentes métodos, é necessário garantir que as complexidades sejam próximas, na média. Quanto maior o número de questões e aulas PL e EX maior

a confiabilidade da medição de $I_{PL/EX}$ como medida relativa de comparação. A métrica $I_{PL/EX}$ oferece uma comparação relativa entre os métodos sem, entretanto, avaliar o aproveitamento absoluto de cada conteúdo. Por exemplo, ela não permite a comparação entre alunos ou mesmo identificar se um aluno sedimentou satisfatoriamente certo conteúdo.

5. Cenário da Disciplina Redes de Computadores 1

A metodologia proposta foi aplicada em uma turma de disciplina de **Redes de Computadores 1**, ministrada para o quinto período do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Catalão/GO, no primeiro semestre de 2024. O professor adota a metodologia de instrução por pares [Mazur 1997] na disciplina desde 2016.

5.1. Modelo de Uso de Instrução por Pares com Método PL

Para cada aula, os alunos estudam um conteúdo pré-determinado por meio de um conjunto de videoaulas disponibilizadas pelo professor. O aluno então precisa responder um conjunto de questões objetivas online, chamadas de *questões pré-aula* e identificadas por **QP**. Os alunos podem responder as questões quantas vezes quiserem e eles obtêm um feedback imediato dos erros cometidos. O professor incentiva os alunos a verificarem os erros cometidos e corrigi-los em uma nova submissão. Em sala de aula, os alunos resolvem problemas mais complexos sobre o assunto estudado em problemas chamados *questões em aula* e identificados por **QA**, conforme proposto na metodologia de instrução por pares.

Em 2023, a metodologia em sala de aula passou pelo acréscimo de um novo tipo de questão, chamada de *questão de engajamento* e identificada por **QE**. As questões de engajamento são problemas de múltipla escolha sobre o conteúdo estudado em casa, limitadas a duas questões por aula, e formuladas para serem respondidas rapidamente (máximo de dois minutos). As questões QE são aplicadas no início de cada aula e não são discutidas com os alunos, que não sabem sequer a resposta correta. A introdução destas questões tem dois objetivos: (1) verificar o engajamento dos alunos nas atividades pré-aula e (2) incentivar a pontualidade dos alunos. Como incentivo, a média das questões QE é incorporada na nota das provas com peso de 1/3. A nota da QE é considerada apenas se aumentar a nota da prova. A experiência nos mostrou que a nota QE é um razoável indicador tanto do engajamento como dos futuros resultados obtidos nas avaliações.

5.2. Aplicação do Método de Avaliação PL/EX em 2024

O método de avaliação PL/EX foi aplicado na disciplina de Redes de Computadores 1 no primeiro semestre de 2024. Por motivos alheios ao controle do professor, a disciplina foi oferecida em quatro horas consecutivas, fato esse que inviabilizava a utilização de instrução por pares em todas as aulas, pois acarretaria em uma quantidade excessiva de conteúdo e questões QP a serem estudados em preparação para aula, podendo cobrir conteúdos não relacionados. Essa dificuldade foi utilizada como oportunidade para propor e implantar o método de avaliação apresentado na Seção 4, e avaliar o uso de instrução por pares na disciplina.

As duas aulas¹ foram organizadas da seguinte maneira: na primeira aula, o professor utilizou o método PL, enquanto que na segunda aula o professor utilizou o método

¹Cada aula corresponde a dois horários de 50 minutos. Duas aulas duram 3h20.

EX. Todo conteúdo da disciplina foi dividido igualmente em aulas usando PL e aulas usando EX. Para quantificar a assimilação do conteúdo de cada aula e utilizar no cálculo da taxas de sucesso S_L e S_E , o professor utilizou as provas da disciplina. Para as aulas com o método EX, nós precisamos realizar algumas adaptações. As questões QP daquele conteúdo utilizadas em semestres anteriores, foram convertidas em uma nova avaliação identificada por QC, com o objetivo de estabelecer um critério comum de aferição pelos alunos da qualidade da assimilação de conteúdo EX. O uso das questões QC tem a função metodológica de estabelecer um contexto mais justo de avaliação de conteúdos PL e EX, restringindo as diferenças entre os dois métodos às suas diferenças metodológicas em sala de aula.

A única diferença entre as QPs e QCs, é que o aluno pode livremente submeter respostas de QPs, após receber o feedback automático, enquanto que nas questões QC, o aluno só tem direito a uma submissão de resposta, em prazo fixo semanalmente, e obtém o feedback após a expiração do prazo. Todos os materiais ficam disponíveis para ambas as aulas, exceto as videoaulas que **não** ficam disponíveis para as aulas EX. Não houve reaproveitamento das questões QA em conteúdo EX.

5.3. Estrutura da Disciplina

Devido à greve das universidades federais em 2024, as atividades na universidade foram interrompidas durante o tópico 2, na terceira semana da disciplina. Para minimizar o impacto da interrupção nas análises da taxa de sucesso dos métodos, optamos por excluir todo o primeiro terço da disciplina da análise. A primeira prova da disciplina ocorreu após o término do tópico 3 e ela foi excluída da avaliação do método. A Tabela 1 apresenta a estrutura da disciplina nos seus tópicos restantes e que foram utilizados na avaliação das metodologias.

Tabela 1. Estrutura da disciplina Redes de Computadores 1 utilizada como referência para avaliação dos métodos PL e EX

Tipo	Aula	Conteúdo	Dependência
PL	4.1	Multiplexação e detecção de erros	-
EX	4.2	Correção de erros e TCP	4.1
PL	4.3	Controle de Fluxo e Conexão	4.2
EX	4.4	Congestionamento	4.3
PL	5.1	IP, TTL, fragmentação	-
EX	5.2	Endereçamento e NAT	-
PL	5.3	Máscaras de Rede	5.2
EX	5.4	IP vs. MAC, ARP, IPv6	5.2
PL	5.5	Roteamento Estático	5.3
EX	5.6a	Roteamento Dinâmico*	5.5
PL	5.6b	Roteamento Dinâmico*	5.6a
EX	5.7	Introdução a RIP, OSPF, BGP*	5.6b e 5.6a
PL	6.1	IEEE 802 e Topologias	-
EX	6.2	Controle de Acesso ao Meio	6.1
PL	6.3	Dispositivos de Interconexão	6.2
EX	6.4	Redes sem fio	6.2

A análise dos métodos PL e EX compreendeu sete aulas PL e seis aulas EX, o que corresponde a 2/3 da disciplina. Os alunos fizeram duas avaliações, identificadas por P2 e P3, que continham questões objetivas e discursivas. As provas incluíram um número maior de questões objetivas, com o objetivo de ampliar a avaliação dos diversos conceitos discutidos em cada aula, embora tivessem peso menor na avaliação. A provas

incluíram também um número maior de questões discursivas, se comparado com as provas tradicionais da disciplina, com objetivo de garantir que exista uma questão discursiva para cada tipo de aula. A Tabela 2 apresenta o conteúdo explorado em cada uma das provas e a quantidade de cada tipo de questão. Em cada avaliação, todas as pontuações individuais das questões foram registradas para permitir os cálculos de S_L e S_E de cada aluno.

Tabela 2. Avaliações da disciplina utilizadas como referência para análise de

$I_{PL/EX}$

Avaliação	Conteúdo	Aulas	Objetivas/aula	Discursivas/aula
P2	4.1-5.5	9	1 questão	$\approx 0,5$ questão (total 5 questões)
P3	6.1-6.4	4	3 questões	1 questão

5.4. Características da Turma

A turma de Redes de Computadores 1 do primeiro semestre de 2024 era composta originalmente de 29 alunos. Deste total, seis alunos ficaram reprovados por faltas e 19 alunos fizeram as duas avaliações utilizadas nesta análise e foram considerados na análise final da metodologia. Os alunos da disciplina ainda responderam anonimamente, ao final do curso, um questionário sobre as suas impressões sobre o curso, a metodologia e o seu comportamento ao longo do curso. Nós coletamos um total de 18 respostas.

5.5. Cuidados Éticos

Esta pesquisa foi desenvolvida em aderência à política de publicação da ACM² para pesquisas envolvendo humanos. Todos os dados são anonimizados e não é possível identificar um aluno ou a sua nota a partir dos dados coletados. O plano da disciplina descrevia a pesquisa a ser realizada e foi aprovado pelo Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Biotecnologia, UFCAT. O plano foi apresentado aos alunos no primeiro dia de aula, quando também foram discutidos os aspectos e objetivos da pesquisa.

6. Resultados

Para as avaliações P2 e P3, nós coletamos as pontuações obtidas em cada questão por cada aluno e categorizadas como questão PL ou EX, de acordo com o tipo de metodologia utilizado na respectiva aula explorada na questão. Como o objetivo de verificar a influência do comportamento dos alunos no resultado, nós produzimos uma *métrica de engajamento* baseada no percentual das questões QE respondidas que classificou os alunos em dois grupos: (i) **Grupo E** $\geq 70\%$ caso o aluno tenha respondido um mínimo de 70% das questões QE, ou (ii) **Grupo E** $< 70\%$ caso contrário.

Em tese, esta métrica de engajamento permite identificar alunos que, ao chegar atrasados à aula ou simplesmente não se interessar por responder às questões, não colaboraram ou participaram efetivamente de todas as discussões das questões QA. Desta forma, nós imaginamos que o grupo **E** $\geq 70\%$ corresponderia aos alunos cuja influência do método PL poderia ser mais confiavelmente medida.

A Tabela 3 mostra os resultados de $I_{PL/EX}$, S_L e S_E obtidos para cada um dos grupos, considerando um total de 30 questões nas duas avaliações. O peso de 26,7% foi aplicado às questões da segunda prova, já que o número de aulas coberto pelas questões possui essa mesma proporção. Os dados estão ordenados por valor de $I_{PL/EX}$.

²<https://www.acm.org/publications/policies/research-involving-human-participants-and-subjects>

Tabela 3. Resultados coletados na disciplina para $I_{PL/EX}$, S_L , S_E divididos em grupos de acordo com E

(a)				(b)			
Grupo $E \geq 70$				Grupo $E < 70$			
	$I_{PL/EX}$	S_L	S_E		$I_{PL/EX}$	S_L	S_E
Aluno-A	0,722	0,445	0,616	Aluno-L	0,810	0,423	0,522
Aluno-B	0,873	0,584	0,669	Aluno-M	0,922	0,650	0,704
Aluno-C	0,919	0,587	0,639	Aluno-N	1,191	0,569	0,478
Aluno-D	0,924	0,766	0,829	Aluno-O	1,270	0,686	0,540
Aluno-E	1,012	0,821	0,811	Aluno-P	1,423	0,602	0,423
Aluno-F	1,058	0,679	0,642	Aluno-Q	1,502	0,187	0,124
Aluno-G	1,318	0,650	0,493	Aluno-R	2,978	0,621	0,209
Aluno-H	1,741	0,470	0,270	Aluno-S	3,908	0,486	0,124
Aluno-I	1,866	0,683	0,366	média	1,75	0,53	0,39
Aluno-J	2,439	0,595	0,244	desvio padrão	1,10	0,16	0,21
Aluno-K	3,513	0,657	0,187	mínimo	0,81	0,19	0,12
média	1,49	0,63	0,52	máximo	3,91	0,69	0,70
desvio padrão	0,85	0,11	0,23				
mínimo	0,72	0,45	0,19				
máximo	3,51	0,82	0,83				

O primeiro resultado que nos surpreendeu foi que não houve diferença efetiva nos resultados entre os grupos $E \geq 70\%$ e $E < 70\%$. O grupo $E < 70\%$ teve até resultados marginalmente melhores, em termos de média de $I_{PL/EX}$. Os dois grupos mostraram alunos com um fator $I_{PL/EX}$ muito maior que os demais (alunos K e S), para muito além do desvio padrão. Entretanto, esse não é um indicativo de aproveitamento melhor do método PL indicado em S_L , que ficou na média dos demais alunos, mas de um aproveitamento muito baixo do método EX indicado em S_E , causando a diferença no fator de comparação relativa.

Os alunos dos dois grupos foram considerados para calcular as métricas indicadas na Tabela 4, que indica as médias e desvios para $I_{PL/EX}$. Para 80% dos alunos, a melhoria média foi de 1,727, indicando um aproveitamento 70% maior em metodologias PL do que com o método tradicional (EX). O desvio padrão de 0,760 indica que nessa população, nenhum aluno deve um resultado que indique uma piora nas aulas PL em relação a EX, considerando a totalidade das aulas.

Tabela 4. Estatísticas por percentis, considerando que o percentual incorpora alunos com $I_{PL/EX}$ dos maiores para os menores valores

	Percentil 50	Percentil 70	Percentil 80	Todos
média	2,196	1,867	1,749	1,600
desvio padrão	0,811	0,767	0,745	0,721
mínimo	1,270	0,924	0,919	0,722
máximo	3,908	3,908	3,908	3,908

Para identificar mais claramente os alunos beneficiados por cada método, nós classificamos os alunos segundo o $I_{PL/EX}$. Os alunos classificados no grupo EQ (equivalente), possuem $I_{PL/EX} = 1,000 \pm 0,100$, indicando que não há um benefício claro para o aluno em um método específico. Os alunos foram classificados como PL e EX, caso o $I_{PL/EX}$ estivesse em uma faixa maior ou menor, respectivamente, que o intervalo de EQ.

A Tabela 5 mostra as métricas para um dos grupos PL, EQ e EX. Um total de 57,9% ($n = 11$) dos alunos foram beneficiados com o método PL, com uma média de 2,073, enquanto 26,3% (5 alunos) não tiveram nenhum benefício claro. O menor grupo de alunos foi classificado como EX, com média de 0,826, e menor valor em 0,722. Os resultados de $I_{PL/EX}$ indicam um claro benefício da metodologia PL em comparação a EX para a maioria dos alunos em termos de assimilação do conteúdo médio da disciplina.

O questionário qualitativo aplicado aos alunos no fim da disciplina, parecem corroborar esse resultado. A maioria dos alunos (61,5%) indicou que as questões QC são difíceis de responder, ao mesmo tempo que a maioria (50%) indicou que as questões QP são fáceis de responder, enquanto que a dificuldade é média para 33,3% dos alunos. Entretanto, como questões QP e QC têm a mesma complexidade, a diferença percebida pelos alunos tem origem no método utilizado em sala de aula.

Tabela 5. Classificação por predominância do método, margem de 0,100 (10%)

Método	n	Percentual	Média $I_{PL/EX}$
EX	3	15,8%	$0,802 \pm 0,049$
EQ	5	26,3%	$0,967 \pm 0,107$
PL	11	57,9%	$2,105 \pm 0,628$

6.1. Limitações e Aspectos a Considerar

A avaliação da efetividade dos métodos levou em conta apenas os resultados das duas avaliações. Por esse motivo, $I_{PL/EX}$ pode sofrer o efeito do comportamento dos alunos durante a preparação para as avaliações. Por exemplo, como os conteúdos PL provêm videoaulas, é possível que alguns alunos tenham revisado melhor esse conteúdo do que os conteúdos EX, o que impactaria seus resultados nas questões. A disciplina manteve apenas slides e exercícios, além do livro, como material de referência para os conteúdos EX. Não houve rastreamento no comportamento pré-avaliações para avaliar esse impacto.

O fator $I_{PL/EX}$ não indica o aproveitamento da disciplina pelos alunos, mas apenas o aproveitamento relativo entre os métodos. O aproveitamento da disciplina é um fator independente do $I_{PL/EX}$. A Tabela 3 destaca em negrito os alunos que obtiveram aproveitamento na disciplina, considerando apenas as duas avaliações e de acordo com o percentual exigido pela universidade para aprovação. Embora não haja relação entre o fator e o aproveitamento do conteúdo, as questões QE parecem possuir uma correlação com o aproveitamento.

A complexidade de cada conteúdo, assim como a dependência entre eles, é um aspecto que influencia no resultado $I_{PL/EX}$. No estudo de caso, nós consideramos a complexidade igual entre os conteúdos partindo do pressuposto que o número e a heterogeneidade dos conteúdos poderia dissipar esse efeito. Idealmente, esse fator deveria ser levado em consideração.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou uma metodologia para avaliação da efetividade de uma metodologia ativa em relação aos métodos tradicionais de ensino, no cenário limitado de acesso a múltiplas turmas e corpo docente. O artigo apresentou um estudo de caso de aplicação do método em uma disciplina de Redes de Computadores, que indicou que, para 80% dos

alunos, o aproveitamento dos alunos em conteúdos ministrados com a metodologia de instrução por pares foi 75% maior, em média, que na exposição tradicional de conteúdos.

Como trabalhos futuros, nós pretendemos inicialmente investigar como as questões QE podem mensurar o engajamento de um aluno na metodologia e prever o seu resultado. Nós pretendemos também investigar como quantificar a complexidade e dependência entre conteúdos de maneira a produzir uma expressão para $I_{PL/EX}$ que leve isso em consideração.

Agradecimentos

O autor agradece a Deller James Ferreira (INF/UFG), Márcio de Souza Dias (DCC/UFCAT) e Dayse Silveira de Almeida (DCC/UFCAT), pelos valiosos comentários feitos em versões preliminares deste artigo. O autor agradece também aos alunos de Redes de Computadores 1, do primeiro semestre de 2024, Ciência da Computação/UFCAT.

Referências

- Akçayır, G. and Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126:334–345.
- Bispo Jr., E. L., Lopes, R. P., and Santos, S. C. (2021). Peer instruction in computing higher education: A case study of a logic in computer science course in brazilian context. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29:1403–1432.
- Crouch, C. H. and Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 69(9):970–977.
- Deshpande, P., Lee, C. B., and Ahmed, I. (2019). Evaluation of peer instruction for cybersecurity education. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '19, page 720–725. ACM.
- Deslauriers, L., McCarty, L. S., Miller, K., Callaghan, K., and Kestin, G. (2019). Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(39):19251–19257.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1):64–74.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Series in Educational Innovation. Prentice Hall.
- Salguero, A., McAuley, J., Simon, B., and Porter, L. (2020). A longitudinal evaluation of a best practices CS1. In *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*, ICER '20, page 182–193. ACM.
- Simon, B., Parris, J., and Spacco, J. (2013). How we teach impacts student learning: peer instruction vs. lecture in CS0. In *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '13, page 41–46. ACM.
- Zingaro, D. (2014). Peer instruction contributes to self-efficacy in CS1. In *Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '14, page 373–378. ACM.