

Ensino invertido de Estrutura de Dados no contexto do Ensino Remoto Emergencial

Bianca Souza, Nécio Veras, Mayara Olivindo
bianca.maria.souza07@aluno.ifce.edu.br, necio.veras@ifce.edu.br
mayaraolivindo21@gmail.com
Instituto Federal do Ceará

Elanne Mendes, Lincoln Rocha, Windson Viana
elannemendes@alu.ufc.br
lincoln@dc.ufc.br, windson@virtual.ufc.br
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

O ensino de Estrutura de Dados (ED), por si só, em cursos de computação já tradicionalmente apresenta desafios relacionados à compreensão do conteúdo. Com a pandemia da COVID-19 e a adoção do ensino remoto emergencial (ERE), esses problemas foram intensificados. Esta pesquisa apresenta uma abordagem para mitigar tais desafios por meio do uso do método da sala de aula invertida no ensino de ED. A pesquisa objetiva avaliar o impacto da aprendizagem e a aceitação dos alunos em relação ao uso do método no contexto do ERE. Participaram do estudo 79 alunos de um curso de Ciência da Computação durante três semestres de ERE. A avaliação do impacto na aprendizagem se deu por meio de pré e pós-testes, enquanto que a aceitação dos alunos foi feita por meio de respostas autodeclaradas coletadas em formulário eletrônico. A partir dos dados analisados, observou-se um ganho de aprendizagem médio de 25,35% e cerca de 74,7% de aceitação das aulas invertidas. Conclui-se que a metodologia usada impactou positivamente no desempenho e na aceitação em relação às práticas docentes no contexto do ERE.

CCS CONCEPTS

• **Social and professional topics** → Computing education.

PALAVRAS-CHAVE

Sala de aula invertida, ensino de estrutura de dados, ensino remoto emergencial

1 INTRODUÇÃO

Estrutura de Dados (ED) é uma área que envolve a programação de computadores para a organização e manipulação eficiente de dados, abstraídos de problemas encontrados no mundo real. O ensino de ED é, em geral, apresentado em uma disciplina no início do curso de Computação, exigindo o desenvolvimento de conhecimentos teóricos e práticos sobre algumas das estruturas existentes na literatura. O processo de aprendizagem de programação não é trivial, uma vez que os conceitos abordados e a carga de conhecimentos agregados não são de fácil compreensão, especialmente para os alunos iniciantes [5]. Disciplinas de ED são normalmente realizadas usando aulas tradicionais (palestras) dentro da sala de aula com tarefas (ou projetos) de programação a serem realizados em casa por meio de

uma metodologia centrada no professor. Esse modelo de condução possui o desafio de sustentar o engajamento dos estudantes durante as atividades teóricas e práticas e, em consequência, o de reter o conhecimento explanado [19].

A partir da disseminação do novo coronavírus, causador da doença Covid-19, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou emergência de saúde global [29]. O distanciamento social tornou-se uma importante medida de prevenção e, por isso, as instituições brasileiras de ensino superior suspenderam as aulas presenciais, sendo substituídas pelo Ensino Remoto Emergencial (ERE). A mudança ocorreu às pressas, levando os professores a uma necessidade de transpor os conteúdos e aulas para o ambiente remoto sem preparação prévia [26]. Esse cenário trouxe dificuldades para a educação como um todo, aumentando a demanda por métodos inovadores de ensino-aprendizagem.

Com essa situação, a aprendizagem ativa ganhou destaque por motivar e incentivar o engajamento dos estudantes. Nela, os alunos participam ativamente da construção do conhecimento, com supervisão do professor. O aluno torna-se protagonista do seu próprio processo de aprendizagem, sendo o professor o responsável por instigá-lo a aprender por meio de informações disponíveis [12]. Dentre várias metodologias ativas, destaca-se a Sala de Aula Invertida (SAI) - do inglês *Flipped Classroom* - que inverte a ordem do método tradicional de ensino. Os alunos estudam em casa um conteúdo disponibilizado de forma online. Na sala de aula, passam a se dedicar em tirar dúvidas, resolução de atividades, trabalhos em grupo e outras atividades voltadas ao conteúdo [8]. Salas invertidas favorecem o compartilhamento de conhecimentos entre os alunos com diferentes experiências, criando um ambiente favorável para o aprendizado colaborativo [22].

Na SAI, os conteúdos apresentados previamente aos alunos antes da aula prática podem ser estruturados na forma de um roteiro de estudos em que são apresentados os passos que guiam a aprendizagem do aluno. O roteiro organiza conteúdos apresentados por meio de videoaulas, *surveys* online para auto-avaliação, *quizzes*, leituras (livros ou artigos), bem como outros materiais de aprendizagem [22]. Neste sentido, o professor atua como um curador de conteúdo durante a elaboração dos roteiros. Por outro lado, essa estratégia pode ter seus efeitos reduzidos quando a qualidade do material produzido é baixa, pois influencia diretamente na participação efetiva dos alunos [8].

O presente artigo avalia o método da SAI no ensino de ED durante o ERE em um curso de Computação de uma instituição pública de ensino superior. A avaliação respondeu às seguintes questões de pesquisa: (RQ1) O uso do método da SAI no contexto do ERE melhora a aprendizagem dos alunos em ED? (RQ2) Qual a avaliação

Fica permitido ao(s) autor(es) ou a terceiros a reprodução ou distribuição, em parte ou no todo, do material extraído dessa obra, de forma verbatim, adaptada ou remixada, bem como a criação ou produção a partir do conteúdo dessa obra, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos os devidos créditos à criação original, sob os termos da licença CC BY-NC 4.0.

EduComp'22, Abril 24-29, 2022, Feira de Santana, Bahia, Brasil (On-line)

© 2022 Copyright mantido pelo(s) autor(es). Direitos de publicação licenciados à Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

do uso do método da SAI no ensino de ED sob a perspectiva dos alunos?

Especificamente, o trabalho avaliou o impacto da aprendizagem e a aceitação dos alunos em relação ao uso do método da SAI. Para isso, analisou-se a aceitação e o impacto na aprendizagem de 79 estudantes a partir da aplicação de 6 (seis) roteiros de estudo em 13 (treze) aulas invertidas durante 3 (três) semestres de ERE. Observou-se resultados satisfatórios a respeito do impacto na aprendizagem, incluindo um aumento de desempenho de 25,35% se comparadas as notas do pré e pós-testes e uma aceitação ao método acima de 74,7% dos alunos. Além desses dados, informações acerca da motivação e dificuldades percebidas pelos alunos foram captadas por meio de autodeclaração preenchida pelos alunos.

O restante desse artigo está organizado da seguinte forma: Seção 2 apresenta os fundamentos teóricos do estudo sobre ERE, SAI e trabalhos anteriores de aulas invertidas no ensino de ED. Na Seção 3 é definida a metodologia do estudo, detalhando o modelo de SAI aplicado, os testes de desempenho e a avaliação das aulas invertidas. Na Seção 4 são apresentados os resultados sobre o impacto na aprendizagem dos alunos e da avaliação das aulas invertidas sob a perspectiva dos estudantes. Em seguida, a Seção 5 discute as questões de pesquisa, apresenta as limitações e ameaças à validade do estudo. Finalmente, a Seção 6 conclui o artigo e recomenda alguns trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Ensino Remoto Emergencial

O ERE é uma mudança temporária na forma como o ensino é ofertado para um modelo alternativo, causado em decorrência à pandemia de novo coronavírus (Sars-Cov-2). Inicialmente, o modelo envolve o uso de soluções de ensino totalmente remoto para educação que, de outra forma, seriam ministradas em cursos presenciais, e que retornarão a esse formato assim que a pandemia for controlada [13]. O principal objetivo do ERE não é recriar um novo modelo educacional, mas sim, fornecer acesso temporário aos conteúdos educacionais e apoio na tentativa de minimizar os efeitos do isolamento social durante uma situação emergencial [15]. No passado, existem exemplos de fechamentos de escolas e universidades em tempos de crise com o uso de modelos viáveis para a época, como aprendizagem móvel, rádio e aprendizagem combinada (ou híbrida).

No contexto atual, o ERE apresenta desafios para discentes e docentes, tais como: falta de espaço físico adequado para estudos em casa ou para a preparação de aulas; problemas com acesso à internet e dispositivos eletrônicos; carência de suporte familiar e acompanhamento emocional na tratativa da situação emergencial (saúde mental); dificuldades de adaptação às tecnologias [24]. A mudança para ERE não é direta e requer um novo planejamento, design e desenvolvimento dos processos de aprendizagem. O corpo docente necessita de habilidades para trabalhar e ensinar no ambiente online, e os alunos precisam atuar com mais engajamento, dedicação e comprometimento, além de fatores éticos na aquisição do conhecimento.

Uma mudança do ensino presencial tradicional para um ambiente de ensino totalmente online sem um planejamento ou redesenho, pode reduzir a qualidade de um curso inteiro. Durante a crise pandêmica, algumas instituições devem realizar mudanças nos conceitos

de aprovação/reprovação e, ao invés de exames, todas as atividades necessárias a acontecer em um curto espaço de tempo devem ser os elementos mais críticos a serem avaliados [13, 27].

Um estudo com o objetivo de descrever como o ERE tem sido conduzido no contexto do ensino de computação no Brasil foi realizado com 137 professores de 69 instituições brasileiras por de Deus et al. [10]. Como resultado, observou-se uma falta de estratégia pedagógica provocada pela inexperiência em situações (emergenciais) de ensino remoto. A falta de tempo dos professores para adaptar materiais de ensino e organizar turmas online foi um dos fatores destacados no estudo. Em particular, há uma carência de artigos sobre o ensino de Estrutura de Dados usando o método da SAI no contexto do ERE.

2.2 Sala de Aula Invertida

SAI é uma metodologia de aprendizagem ativa com foco no envolvimento do aluno, que permite ao instrutor nivelar o conhecimento dos alunos antes do momento em sala de aula [6]. Não existe uma maneira única de inverter uma aula, mas frequentemente os estudos são baseados no modelo apresentado por [6]. O método advoga que os alunos devem ter o primeiro contato com o conteúdo em casa. Devem ler, ou assistir a vídeos, e fazer uma análise do material da aula antes do horário de sala de aula. Posteriormente, eles aplicarão esses conceitos em atividades dentro da sala de aula, conduzidas por seus professores [6]. Assim, a apresentação dos conteúdos ocorre individualmente em casa (contrastando com as abordagens tradicionais) e os exercícios práticos (por exemplo, simulações, microprojetos de programação) são realizados de forma colaborativa durante o tempo da aula. Este tipo de aula muda o papel do professor de protagonista da aprendizagem para mediador da aprendizagem dos alunos [16].

Por exemplo, em [11], o primeiro momento na sala de aula é dedicado a perguntas e respostas sobre os conteúdos do roteiro de estudos disponibilizado pelo professor. Em seguida, uma breve explicação sobre o assunto é conduzida com rodadas de perguntas e respostas. Depois disso, os alunos realizam práticas relacionadas à aula em estudo de forma colaborativa.

A literatura mostra que a SAI impactou positivamente na aprendizagem dos alunos, porém, o método também implica em obstáculos adicionais [11, 28], dentre eles: (1) dificuldades dos professores durante a curadoria digital - eles precisam estar motivados e confiantes com níveis adequados de tempo, habilidades e recursos; (2) falta de ferramentas específicas para a SAI, uma vez que, em geral, os professores usam um conjunto de ferramentas combinadas (por exemplo, Youtube, Edpuzzle, Moodle/Google Classroom, Github) para criar e disponibilizar seus roteiros de estudos; e (3) escolher atividades envolventes para produzir experiências de aprendizagem significativas em sala de aula.

Além disso, a SAI também tem suas vantagens atenuadas quando a qualidade do material produzido para estudar em casa é baixa, pois influencia diretamente o engajamento dos alunos [17]. Quando parte dos alunos não seguem as orientações providas nos roteiros de estudos, podem chegar às aulas despreparados para realizar as atividades. Por isso, as habilidades do professor são essenciais para o planejamento e execução das atividades de uma SAI.

Nossas experiências anteriores com o método da SAI mostraram que a abordagem é eficiente na preparação de alunos durante cursos

presenciais de Sistemas Distribuídos [3, 4]. A aprendizagem ativa, como atividades práticas de codificação ou trabalho de laboratório em atividades de projeto software com micro laboratórios em sala de aula, encorajou os alunos a aplicar seus conhecimentos adquiridos na prática e explorar problemas. Antes da aula prática, o processo de aula invertida iniciou com a produção do roteiro de estudo a ser enviado aos alunos. Os alunos seguiram as orientações organizadas pelo roteiro e responderam questionários de autoavaliação. Foi possível enfatizar que a percepção dos alunos foi positiva na maior parte do tempo durante as aulas práticas. Os alunos participaram ativamente e a maioria deles chegou na aula presencial preparados para trabalhar nas atividades práticas propostas.

2.3 Aulas invertidas no ensino de Estruturas de Dados

Em geral, o ensino de Estruturas de Dados com o método tradicional de ensino apresenta um alto índice de desistência e reprovação. Na literatura é possível encontrar iniciativas com o uso da SAI como alternativa para tratar os desafios enfrentados. Em [14], Huang et al. foi feita uma investigação analítica da eficácia da abordagem no ensino de ED. O resultado da análise mostra que a taxa de excelência dos alunos com o método aumentou 19,5% e a taxa de falha diminuiu 22,2%. O estudo [7] apresenta uma análise comparativa do ensino de ED em sala de aula tradicional e invertida em um curso de pós-graduação. De acordo com o *feedback* dos alunos, o método da SAI mostrou-se eficiente no envolvimento do aluno, principalmente em atividades de discussão e tarefas em grupo. No entanto, os alunos relatam uma sobrecarga de atividades (outras atribuições do curso) durante os estudos prévios para as aulas.

Lee and Lee [20] relatam a experiência da adoção do método da SAI em uma aula da disciplina de ED. O estudo investigou a aceitação e adaptação dos alunos ao método, comparando-o com o método tradicional de ensino. Por meio de um questionário, os alunos relataram que o SAI exigiu mais tempo de dedicação, o que levou os alunos a rejeitarem a ideia de ter mais aulas invertidas. Em [18], Latulipe et al. apresenta a metodologia utilizada para o ensino de ED e os resultados da adoção dessa abordagem no desempenho da turma. Foram incorporados à SAI equipes leves, programação em pares e tutoria em assistentes de ensino (TA) com sistema de *feedback*, criando um ambiente inclusivo e orientado a equidade. O estudo analisou o desempenho de mulheres e minorias étnicas/raciais e o resultado mostrou que o desempenho das mulheres teve uma melhora significativa, enquanto que as minorias étnicas/raciais não apresentaram um resultado positivo.

Martínez-Muñoz and Pulido [23] descrevem o uso de SPOC (*SPOC Small Private Online Course*) e conteúdos em vídeos para inverter uma sala de aula durante o primeiro ano de um curso de ED. O objetivo do estudo foi melhorar o envolvimento e a satisfação dos alunos para reduzir as taxas de evasão. Os conteúdos do curso foram divididos em pequenas unidades e vídeos curtos foram usados para apresentar os conceitos de cada unidade. Os autores compararam os resultados obtidos na turma atual (com o uso do SPOC) com os da turma do ano anterior, mostrando um aumento do número de alunos aprovados no curso com o modelo SPOC (de 66,3% para 71,7%).

Zhong [32] relata que na disciplina de ED do curso de Ciência da Computação, a porcentagem de notas D, F e desistência é geralmente mais alta que em outras disciplinas do curso. O estudo objetivou avaliar a eficácia dos módulos desenvolvidos e o desempenho dos alunos a partir do uso de métodos de aprendizagem ativa. Os efeitos foram positivos na aprendizagem dos alunos, uma vez que os alunos conseguiram praticar mais por meio dos novos módulos interativos. Neste outro trabalho, Tyler and Abdrakhmanova [30] descrevem a transição de uma abordagem tradicional do ensino de programação para uma que usa a SAI. Os resultados indicam melhorias não significativas nas notas dos exames dos semestres pré-invertidos para os invertidos. Um dos benefícios relatados foi permitir um número maior de alunos por turma.

Em relação aos trabalhos relacionados apresentados, a presente pesquisa colabora de duas formas para construir mais uma evidência sobre o uso da SAI durante a disciplina de ED. Primeiramente, observou-se um ganho médio de aprendizagem dos alunos de cerca de 25,35% nos conteúdos ministrados a partir do uso do método. Além disso, uma taxa de aceitação de 74.7% dos alunos em relação ao modelo de SAI utilizado (descrito na Seção 3.1).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Inspirada pelos resultados de Maher et al. (2015), a presente pesquisa adotou uma metodologia de SAI em um curso de ED durante o ERE na busca de uma alternativa viável de ensino dado o contexto pandêmico. Para tanto, foi aplicado em uma única instituição pública brasileira de ensino superior (Instituto Federal do Ceará, *campus* Tianguá) durante os semestres 2020.1, 2020.2 e 2021.2 em aulas do curso de Bacharelado em Ciência da Computação. As aulas invertidas foram aplicadas por um mesmo professor e abordaram os seguintes conteúdos: (C1) Modularização, (C2) Pilha e Fila, (C3) Listas, (C4) Ponteiros e Alocação Dinâmica de Memória, (C5) Tipos Estruturados de Dados e (C6) Tipos Abstratos de Dados. Ao todo participaram da pesquisa 79 estudantes, organizados conforme a Tabela 1 separados por semestre e assunto.

Tabela 1: Quantidade participações por semestre/assunto

Semestre	Assunto	Part.
2020.1	(C1) Modularização (6 horas)	22
2020.1	(C2) Pilha e fila (12 horas)	17
2020.1	(C3) Listas (14 horas)	15
2020.2	(C3) Listas (14 horas)	24
2020.2	(C5) Tipos Estruturados de Dados (8 horas)	26
2020.2	(C2) Pilha e fila (12 horas)	24
2020.2	(C1) Modularização (6 horas)	27
2020.2	(C4) Ponteiros e alocação dinâmica de memória (12 horas)	27
2020.2	(C6) Tipos Abstratos de Dados (6 horas)	24
2021.2	(C1) Modularização (6 horas)	29
2021.2	(C5) Tipos Estruturados de Dados (8 horas)	26
2021.2	(C4) Ponteiros e alocação dinâmica de memória (12 horas)	26
2021.2	(C6) Tipos Abstratos de Dados (6 horas)	21

A variação do número de participantes dentro de um mesmo semestre letivo em diferentes assuntos deu-se por conta da livre escolha entre os alunos da turma em participar ou não do estudo. Além disso, a própria dinâmica do ERE proporciona que diferentes alunos avancem em ritmos distintos ao longo de uma disciplina, por isso, conteúdos mais avançados (ministrados na parte final da disciplina) tendem a ter menos alunos no ritmo “normal”.

Diferentes instrumentos foram usados durante a aplicação das aulas invertidas. Uma conta institucional no ambiente do *Google Classroom* foi usada para fornecer os roteiros aos alunos. Para avaliar a aceitação dos alunos em relação às aulas invertidas, coletou-se dados sobre as percepções dos estudantes quanto ao uso do método, aplicando um instrumento após o término de cada aula. A coleta desses dados deu-se por meio de questionários usando a plataforma *Google Suite*. Os formulários de avaliação tinham questões cujas respostas seguiam a Escala de Likert [21]. O estudo [31] inspirou algumas dessas perguntas e, além disso, os formulários incluíam questões relativas à aceitabilidade geral de cada aula.

Foram realizadas avaliações para mensurar (a) o desempenho dos alunos diante do uso do método da SAI e (b) a aceitação da SAI sob a perspectiva do aluno. Em (a) utilizou-se notas de pré e pós-testes como parâmetro comparativo da evolução do aprendizado dos alunos, enquanto que em (b) coletou-se dados sobre as experiências dos alunos a partir dos estudos por meio dos roteiros e da própria condução do método. Neste sentido, a presente pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva de natureza aplicada com métodos mistos de avaliação (quantitativa por meio de testes e qualitativa por meio de formulários eletrônicos).

3.1 Modelo de SAI

A Figura 1 ilustra o formato da aula invertida adotada e seus três momentos principais: (1) antes da aula virtual (aula prática), (2) durante a aula virtual e (3) após a aula virtual. Em (1), o professor atua como curador para organizar os materiais de estudo em um roteiro. Os alunos estudam por meio do roteiro de estudo e realizam autoavaliações com *feedbacks* automáticos (importante instrumento para que o aluno decida sobre aprofundar-se ou não nos materiais do roteiro). Já o momento (2), durante a aula virtual, o professor inicia com breves explicações sobre o assunto do roteiro seguido por rodadas com *FAQs* (perguntas e respostas). Feito isso, os alunos são direcionados para a realização de atividades práticas. Finalmente, no momento (3), são realizadas atividades de revisão sobre conteúdo da aula invertida.

Foram elaborados roteiros de estudos específicos para cada um dos tópicos de ED listados na Tabela 1. As aulas foram ministradas com uma carga horária mínima de 6 horas e intervalo médio de dez dias entre a realização do pré e pós-teste. Assuntos mais complexos (como Alocação dinâmica de memória e Listas) tiveram uma carga horária maior (entre 8 e 14 horas), com pelo uma aula virtual (prática) adicional. Como feito em [9], diferentes formas de apresentação dos materiais de estudo foram incluídos nos roteiros para abranger estilos cognitivos distintos. Desse modo, os alunos entram em contato com o assunto utilizando o formato que tem mais familiaridade e, além disso, os estudantes podem percorrer o roteiro conforme sua necessidade, podendo pular ou aprofundar

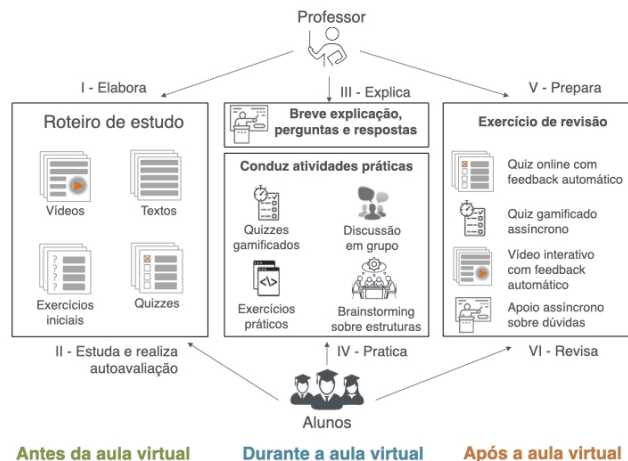


Figura 1: Modelo da SAI adotada.

a exploração dos materiais de estudo em um determinado tópico. Cada roteiro foi montado considerando os seguintes elementos:

- Referência bibliográfica básica: uma sugestão de leitura principal sobre o assunto e/ou uma leitura sucinta introdutória ao assunto abordado.
- Artigos técnicos disponíveis na web, apostilas, tutoriais ou notas de aulas em slides: sugestões de leituras complementares.
- Podcasts*: conteúdos em forma de áudio abordando conceitos iniciais podem ser explorados enquanto o aluno se dedica a atividades do dia a dia ou se desloca.
- Vídeos: aulas com recursos audiovisuais elaborados pelo professor da disciplina (ou por terceiros).
- Vídeos interativos: vídeos gravados pelo professor da disciplina editados com a ferramenta *Edpuzzle* [1] e inseridos como atividade obrigatória do roteiros de estudo.

Durante o processo de curadoria dos materiais, o formato *podcast* apresentou restrições em relação à quantidade de opções disponíveis referentes aos assuntos de ED, principalmente os assuntos com uma maior complexidade. Para cada roteiro, dois quizzes de autoavaliação foram elaborados com objetivo de fornecer um *feedback* automático sobre o progresso do aluno em relação aos conhecimentos do conteúdo tratado nos materiais. O primeiro quiz apresenta uma abordagem teórico/conceitual, enquanto que o segundo uma análise de trechos de códigos em uma abordagem prática.

Considerando que a metodologia ativa da SAI pode promover uma maior produtividade do aluno em relação ao método tradicional de ensino e que os alunos acessam os conteúdos antes da aula virtual, foram elaboradas questões para discussão e reflexão em grupo, abordando pontos como: vantagens, desvantagens e aplicação prática em problemas reais das estruturas estudadas durante o roteiro. Por fim, o roteiro inclui ainda uma seção de desafios. A ideia é fazer com que o aluno use o raciocínio lógico e os conhecimentos assimilados para resolver questões adicionais, desafiadoras. Alguns dos desafios foram retirados do site URI Online Judge [2] e o aluno

poderia submeter a resposta na plataforma pelo link disponibilizado no roteiro.

3.2 Testes de desempenho para avaliação do impacto na aprendizagem

Para avaliar o impacto da aula invertida na aprendizagem dos alunos, realizou-se a análise comparativa entre as notas obtidas a partir dos acertos nos questionários de pré e pós-teste. O pré-teste foi aplicado antes do início da exploração dos materiais contidos nos roteiros de estudos. Os estudantes foram instruídos a responder com base em seu conhecimento atual, sem consultar nenhuma fonte de pesquisa. Além disso, a pontuação gerada pelo teste não foi utilizada como nota. O pós-teste foi aplicado após o término das fases da aula invertida (ilustrada na Figura 1).

Os instrumentos para a aplicação dos testes (pré e pós) foram produzidos por meio de formulários eletrônicos construídos a partir do ambiente *Google Forms*, cada um contendo 10 questões objetivas com o mesmo grau de dificuldade (segundo a curadoria do professor). As questões foram elaboradas pelo professor da disciplina ou retiradas de banco de questões aplicadas em concursos públicos na área da computação. Cada um dos testes foi composto por um conjunto de questões de múltipla escolha com cinco opções disponíveis (apenas uma é a correta). O pré-teste avalia o conhecimento prévio do aluno sobre o tópico, enquanto que o pós-teste avalia o conhecimento do aluno ao final da aula. O pós-teste contém variações das mesmas questões do pré-teste e é aplicado ao final das três fases da aula invertida. O resultado do pré-teste foi usado como o valor inicial para medir o quanto os alunos retiveram o conhecimento durante a experiência com a aula invertida. Com o objetivo de esclarecer o papel dos alunos durante a aula invertida e receber o aceite quanto à participação no estudo, foi criado o termo de consentimento. Os termos foram apresentados aos alunos oralmente, explicando todo o formato da aula antes do início do pré-teste.

É importante ressaltar que os quizzes autoavaliativos contidos em cada roteiro de estudo não foram incluídos nos dados para análise quantitativa do impacto da aprendizagem do aluno após a aula invertida, por se tratar de *feedbacks* aos próprios alunos em relação aos seus conhecimentos adquiridos durante o estudo dos materiais. O discente poderia resolver os testes mais de uma vez, revendo os materiais do roteiro nos tópicos em que sentiu maior dificuldade. Todo o material produzido durante o estudo está disponível em <<http://nupreds.ifce.edu.br/necio/materiais-ed.pdf>>.

3.3 Avaliação da aula invertida sob a perspectiva dos discentes

Os alunos, ao final de cada aula invertida, foram convidados a responder um questionário eletrônico de avaliação da aula que acabaram de participar. Foram elaboradas questões sobre a estrutura do roteiro, qualidade dos materiais para estudo antes da aula virtual, adequação com os conteúdos ministrados durante a aula virtual e aceitação/aprovação do método. Também foram incluídas questões sobre limitações e motivação dos estudantes para novas aulas invertidas seguindo o mesmo modelo. As questões, em sua maioria, possuíam como alternativas uma escala Likert [25] com 4 ou 5 níveis, variando de *concordo totalmente* a *discordo totalmente*.

O formulário continha, ainda, questões subjetivas para que os alunos fornecessem sugestões de melhoria dos roteiros e da execução da aula invertida. A Tabela 2 apresenta as sentenças presentes no formulário de avaliação da SAI.

Tabela 2: Sentenças para avaliação da SAI

Id	Sentença
Q1	A estrutura do roteiro de estudo me guiou na leitura e visualização do material
Q2	O roteiro da Aula de Invertida estava muito extenso
Q3	Eu me senti preparado para participar da aula prática (virtual) após estudar usando o roteiro
Q4	A qualidade visual e o conteúdo me motivaram a assistir os vídeos até o final
Q5	O uso do quiz de autoavaliação ajudou a mensurar minha preparação para a aula prática
Q6	A aula síncrona não estava contextualizada com o conteúdo estudado por meio do roteiro de estudo
Q7	O formato da aula invertida potencializou meu aprendizado
Q8	O meu tempo disponível foi um fator limitante no meu estudo
Q9	O nível de esforço e dificuldade das atividades práticas/trabalhos repassados na aula invertida foi exagerado, dada a situação de Pandemia
Q10	Qual tipo de aula você prefere?
Q11	Me senti motivado a ter outras aulas invertidas
Q12	Aprendi satisfatoriamente o conteúdo ministrado
Q13	Os fatores que mais afetaram negativamente a minha aprendizagem foram
Q14	Considero que aprendi tanto quanto em um modelo presencial

A avaliação do método sob a percepção dos alunos ajuda a mensurar e avaliar a aceitação da aula invertida aplicada e, de forma secundária, o quão motivados os estudantes sentiram-se durante os estudos. Os dados sobre a participação nas atividades propostas durante as aulas invertidas também podem ajudar a medir, de forma indireta, a aceitação quanto ao método, pois quanto mais engajado e participativo o aluno está em relação às atividades propostas, mais evidências que ele está aceitando o método e, conseqüentemente, mais motivado em realizar os estudos prévios (antes da aula virtual).

4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados sobre a análise dos dados em relação ao impacto na aprendizagem dos participantes e da aceitação quanto ao método da Sala de Aula Invertida no ensino de Estrutura de Dados.

4.1 Análise do impacto na aprendizagem com a aula invertida

O impacto na aprendizagem foi medido por meio da comparação entre as notas de pré-teste e pós-teste nas aulas invertidas em cada um dos assuntos mostrados na Tabela 1. Para tanto, foram agrupados todos os dados sobre notas de todos os semestres por assunto, por exemplo: em C1 as notas de pré-teste e pós-teste são formadas pela união das notas dos participantes nos três semestres da pesquisa¹. Os resultados são apresentados em gráficos do tipo *Boxplot* nos quais a caixa cinza representa as notas do pré-teste e a branca,

¹Disponíveis em: <https://nupreds.ifce.edu.br/necio/notas-ed.zip>

as notas do pós-teste. Em todas as comparações das notas foram verificados se as diferenças são estatisticamente significativas. Inicialmente foi aplicado o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* e, depois, o teste de *Mann-Whitney* (também conhecido como *Wilcoxon test*) visto que os dados sobre as notas não seguiram uma distribuição normal. A hipótese nula (H_0) é que as notas do pós-teste não são significativamente maior do que as notas do pré-teste. A hipótese alternativa (H_1) é que existe uma diferença significativa entre as notas, ambas com um nível de significância de 95%.

A primeira aula invertida aplicada foi sobre Modularização (C1), um tópico ministrado no início da disciplina como uma revisão às funções vistas na disciplina anterior (Lógica de Programação). A Figura 2 mostra o desempenho comparativo dos alunos nesta aula, destacando uma performance semelhante entre os dois testes. A média das notas do pré-teste foi 6,31 com desvio padrão de 2,16 e o pós-teste uma média de 6,53 com desvio padrão de 1,67. Ambos os testes obtiveram a mediana das notas igual a 7,0. As notas do pós-teste foram levemente mais homogêneas com um ganho de aprendizagem de 3,47% e $p\text{-value} = 0.5812$ para o teste de Mann-Whitney. Como $p\text{-value} > 0.05$ então não há evidências suficientes para rejeitar H_0 . Dessa forma, conclui-se que a diferença entre as medianas da população não é estatisticamente significativa, evidenciando que o resultado não representa um ganho significativo de aprendizagem. Esse resultado era esperado, pois os alunos já conheciam o assunto e fizeram apenas uma revisão do mesmo.

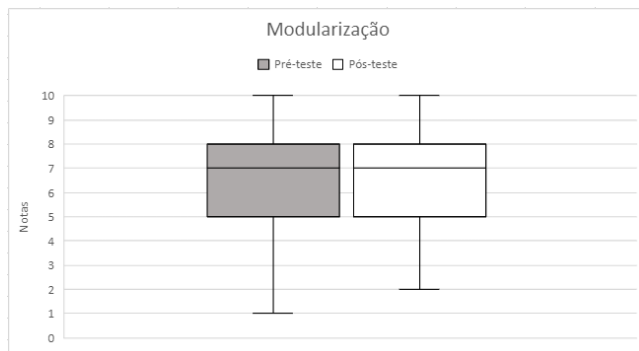


Figura 2: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Modularização

Uma outra aula invertida aplicada foi sobre Ponteiros e Alocação Dinâmica de Memória (C4), assunto considerado pela maioria dos estudantes com alto grau de complexidade para entendimento. Os resultados apresentados na Figura 3 mostram uma média no pré-teste de 5,8 com desvio padrão de 2,3 e do pós-teste de 7,15 com desvio padrão de 2,41. Como mediana obteve-se 5,5 e 8,0 no pré-teste e pós-teste, respectivamente. O teste de Wilcoxon revela um $p\text{-value} = 0.00305$, o que leva à conclusão que há uma melhoria significativa das notas no pós-teste em relação ao pré-teste, validando a hipótese H_1 visto que $p\text{-value} < 0.05$. O gráfico mostra que 25% das notas do pré-teste variaram de 2 a 4, 50% 4 a 8 e 25% de 8 a 10, enquanto que no pós-teste, 25% das notas variaram de 3 a 6 (desconsiderando outliers), 50% de 6 a 9 e 25% de 9 a 10 (ganho de aprendizagem 23,26%).

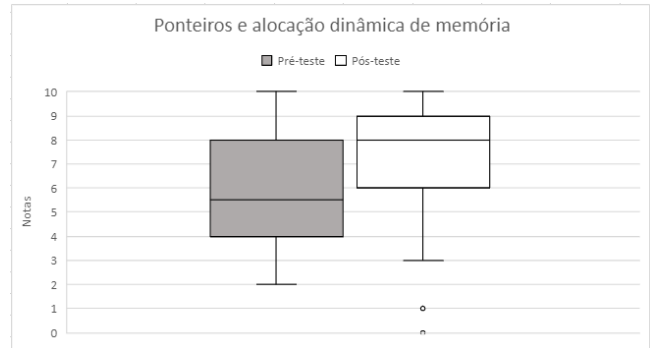


Figura 3: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Ponteiros e Alocação Dinâmica de Memória

Os dados da aula invertida sobre Pilha e Fila (C2) estão expressados no gráfico da Figura 4, apresentando uma média nas notas do pré-teste de 4,84 com desvio padrão de 1,94 e de 7,46 no pós-teste com desvio padrão de 2,33 com medianas de 5 e 8 para pré-teste e pós-teste, respectivamente. O teste de *Wilcoxon* resultou em um $p\text{-value} = 7.659e - 07$, sugerindo válida a hipótese alternativa (H_1) que há uma diferença estatisticamente significativa entre as notas a um nível de confiança de 95%. O gráfico destaca que 50% das notas do pré-teste variaram entre 4 e 6, enquanto no pós-teste entre 6,5 e 9. 25% das notas do pré-teste variaram de 6 a 8, enquanto no pós-teste variaram de 9 a 10. Para essa aula, o ganho na aprendizagem dos alunos foi de 54,27%.

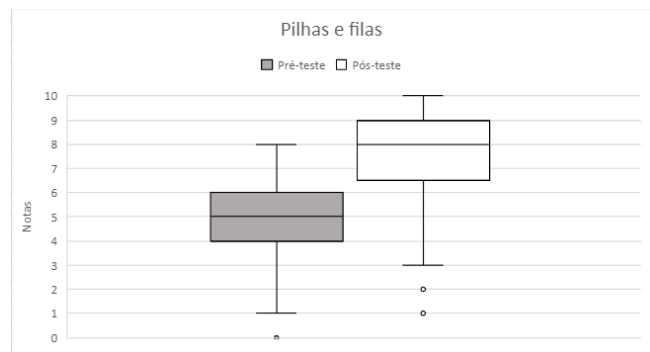


Figura 4: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Pilha e Fila

A Figura 5 apresenta os dados da aula invertida sobre Tipos Estruturados de Dados (C5). O assunto introduz uma nova forma de estruturar dados vindos de problemas reais e é um marco na compreensão dos alunos em relação à forma de “enxergar” problemas. A média das notas do pré-teste foi de 5,69 com desvio padrão de 2,14, enquanto que do pós-teste foi 6,92 com desvio padrão de 2,17 com medianas de 5 e 7 para pré-teste e pós-teste, respectivamente. O teste de *Wilcoxon* mostra um $p\text{-value} = 0.002574$ que valida hipótese H_1 , sugerindo a existência de uma diferença significativa entre as notas. As notas do pós-teste são superiores em comparação ao pré-teste com um ganho na aprendizagem de 21,48%.

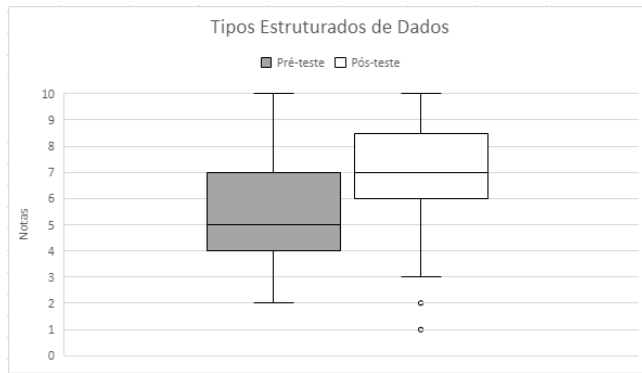


Figura 5: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Tipos Estruturados de Dados

Os dados das aulas invertidas sobre o assunto Tipos Abstratos de Dados (C6) são apresentadas pelo gráfico da Figura 6. A média das notas do pré-teste foi de 4,98 com desvio padrão de 2,12, enquanto que do pós-teste foi 6,93 com desvio padrão de 2,39, com medianas de 5,0 e 7,0 para pré-teste e pós-teste, respectivamente. O teste de *Wilcoxon* resultou em um $p\text{-value} = 0.0001579$ validando a hipótese alternativa (H_1) de que há uma diferença significativa entre as notas do pré e pós-teste com um nível de significância de 95%. Os dados mostram um ganho de aprendizagem 39,22% no desempenho dos estudantes a partir do uso da aula invertida.

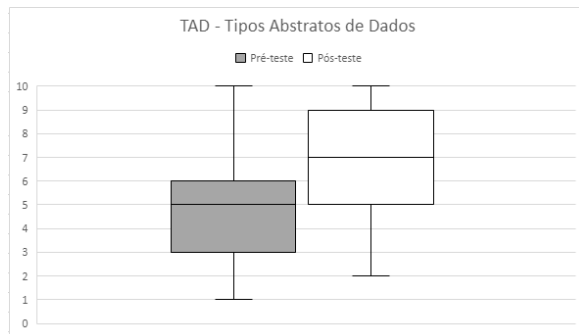


Figura 6: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Tipos Abstratos de Dados

Os dados das aulas invertidas sobre Listas (C3) são apresentados pelo gráfico da Figura 7. A média das notas do pré-teste foi de 6,06 com desvio padrão de 2,18 e de 6,69 com desvio padrão de 2,52 no pós-teste. A mediana no pré-teste foi de 6 pontos e no pós-teste 7 pontos. O teste de *Wilcoxon* gerou um $p\text{-value} = 0.1689$, validando a hipótese nula (H_0) que não há uma diferença significativa entre as notas do pré e pós-teste. Embora a quantidade de alunos que obtiveram notas 9 ou 10 tenha aumentado no pós-teste, não há evidências suficientes para sugerir um ganho de aprendizagem nessa aula (mesmo com um ganho de 10,39% em relação às notas do pós-teste). Uma das possíveis razões para isso pode ser o sequenciamento dos assuntos. A aula sobre Listas foi precedida pela

aula sobre Pilhas e Filas, um tipo de Lista. Provavelmente por isso os alunos não obtiveram um ganho significativo na aprendizagem, quando comparadas as notas de pré e pós testes.

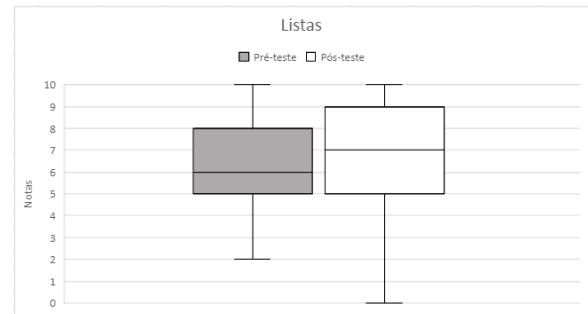


Figura 7: Desempenho dos alunos nas aulas invertidas de Listas

Por fim, considerando os resultados das notas nos assuntos ministrados, é possível encontrar um ganho médio de 25,35% nas notas do pós-teste em relação às notas de pré-teste com um ganho estatisticamente significativo nas aulas invertidas nos assuntos C2, C4, C5 e C6.

4.2 Avaliação das aulas invertidas sob a perspectiva dos estudantes

A avaliação das aulas invertidas objetivou coletar informações sob a perspectiva dos discentes em relação à estrutura/qualidade dos roteiros aplicados, execução do método da SAI, impactos de aprendizagem, aceitação, barreiras e motivação para novas aulas invertidas. Toda a avaliação deu-se por meio de questionário distribuído em um formulário eletrônico contendo as sentenças apresentadas pela Tabela 2, respondido voluntariamente pelos estudantes participantes das aulas invertidas. Para essa avaliação foram agrupadas todas as respostas das 13 (treze) aulas invertidas aplicadas.

Inicialmente, nas questões de Q1 a Q6 foram coletados dados sobre a satisfação dos alunos em relação aos roteiros de estudo. Em Q1 92,09% dos alunos concordaram parcialmente ou totalmente que a estrutura dos roteiros foi capaz de guiá-los em relação à visualização dos materiais, sequenciando de forma correta a evolução dos estudos. Em seguida, a sentença Q2 refere-se à extensão do roteiro. Em média, 52,1% das respostas discordam parcialmente ou totalmente que o roteiro estava muito extenso. Vale frisar que nos roteiros dos conteúdos C1, C4 e C5, as porcentagens de discordância foram significativamente pequenas, o que sugere uma revisão dos elementos desses roteiros. Os dados sobre concordância para cada roteiro, podem ser visualizados na Tabela 3.

Em Q3, que trata da preparação para aula a partir dos estudos usando o roteiro, 71,02% concordaram que se sentiram preparados, variando de 44,18% (C1) a 88,88% (C3). Após isso, em Q4, 79,29% dos alunos responderam que concordaram parcial ou totalmente que os vídeos eram de boa qualidade e que se sentiram motivados a assistir até o final. Em Q5, os estudantes foram provocados a manifestar-se em relação ao quiz de autoavaliação, se o mesmo foi capaz de ajudar na mensuração da preparação para a aula prática.

Tabela 3: Respostas de Q2

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
discordo totalmente	9,30%	36,36%	44,44%	6,25%	0,00%	23,08%
discordo parcialmente	4,65%	36,36%	33,33%	25,00%	40,00%	53,85%
neutro	51,16%	-	11,11%	12,50%	23,33%	0,00%
concordo parcialmente	20,93%	27,27%	11,11%	31,25%	23,33%	23,08%
concordo totalmente	13,95%	0,00%	0,00%	25,00%	13,33%	0,00%
Discordância (soma)	13,95%	72,72%	77,77%	31,25%	40,00%	76,93%

Legenda: C1:Modularização, C2:Pilha/Fila, C3:Listas, C4:Ponteiros e Alocação Dinâmica de memórias, C5:Tipos Estruturados de Dados e C6:TAD.

O gráfico da Figura 8 apresenta os resultados, que chegaram a 100% de concordância parcial ou total nos assuntos C2 e C3. A sentença Q6 buscou investigar se, na visão dos estudantes, a aula síncrona (prática) não estava contextualizada com o roteiro. 85,07% dos alunos discordaram parcial ou totalmente dessa sentença, validando a aula prática em relação aos assuntos contidos no roteiro de estudo.

Q5 - O uso do quiz de autoavaliação ajudou a mensurar minha preparação para a aula prática

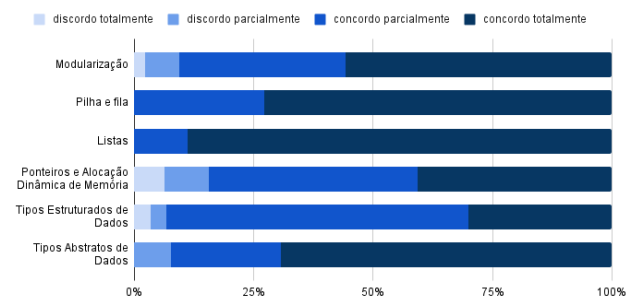


Figura 8: Respostas da Q5

As questões Q7, Q8 e Q9 estão relacionadas com o formato da aula invertida e as barreiras enfrentadas pelos estudantes. O gráfico da Figura 9 mostra cada alternativa de Q7, destacando que 90,40% dos estudantes concordaram parcial ou totalmente que o formato da aula invertida potencializou o seu aprendizado. Em Q8, os estudantes responderam se o tempo disponível foi um fator limitante para seus estudos. Sobre isso, 79,79% concordaram parcial ou totalmente que sim, o tempo é um fator limitante para dedicar-se às atividades da aula. Neste sentido, alguns alunos relataram ter que dividir os estudos em casa com atividades domésticas e/ou trabalho.

Um outro fator importante investigado foi o nível de esforço (dificuldade) das atividades práticas contidas na aula invertida (Q9). Em média, 51,25% dos estudantes discordam parcial ou totalmente que o nível de esforço demandado foi exagerado, considerando o momento de pandemia. Todas as respostas para a sentença Q9 podem ser visualizadas na Tabela 4. Vale destacar que nos roteiros dos conteúdos C1, C4 e C5, as porcentagens de discordância foram significativamente pequenas, indicando uma demanda maior de atividades exigidas para os roteiros.

Q7 - O formato da aula invertida potencializou meu aprendizado

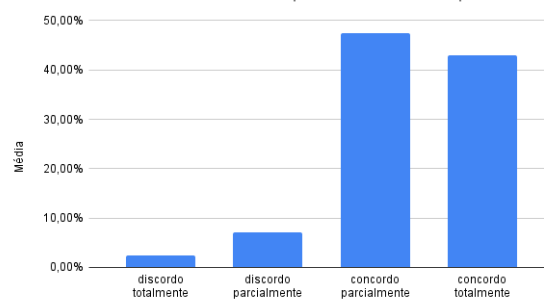


Figura 9: Respostas da Q7

Tabela 4: Respostas de Q9

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
discordo totalmente	16,28%	54,55%	33,33%	15,63%	10,00%	38,46%
discordo parcialmente	13,95%	27,27%	55,56%	9,38%	10,00%	23,08%
neutro	30,23%	-	-	37,50%	40,00%	0,00%
concordo parcialmente	25,58%	18,18%	11,11%	21,88%	16,67%	23,08%
concordo totalmente	13,95%	0,00%	0,00%	15,63%	23,33%	15,3%
Discordância (soma)	30,23%	81,82%	88,89%	25,01%	20,00%	61,54%

Legenda: C1:Modularização, C2:Pilha/Fila, C3:Listas, C4:Ponteiros e Alocação Dinâmica de memórias, C5:Tipos Estruturados de Dados e C6:TAD.

Posteriormente, na sentença Q10 foi perguntado aos alunos a preferência em relação ao tipo de aula. O gráfico da Figura 10 mostra que, em média, 78,3% dos estudantes preferem o método de aula invertida em oposição ao método tradicional, visto que acabaram de obter uma experiência completa de uma SAI e que já conhecem muito bem uma aula tradicional. Este é um dado relevante que colabora com uma evidência sobre a aceitação ao método.

Q10 - Qual tipo de aula você prefere?

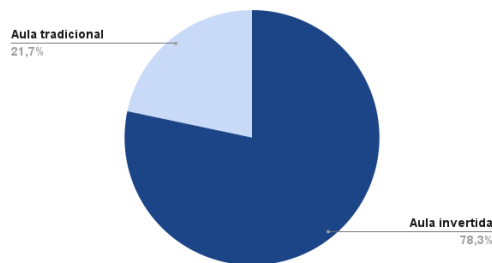


Figura 10: Respostas da Q10

Complementarmente, na sentença Q11, os alunos responderam sobre sentir-se motivado a ter outras aulas invertidas similares. Em média, 75,1% dos respondentes sentiram-se motivados a ter outras aulas com o método da SAI, corroborando com a sentença Q10. O gráfico da Figura 11 mostra o nível de concordância das respostas para as opções sobre a sentença Q11.

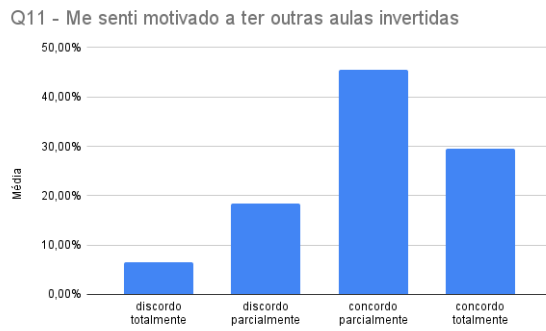


Figura 11: Respostas da Q11

Em Q12, os participantes responderam sobre as suas percepções em relação a própria aprendizagem com as aulas invertidas durante o ERE. Em média, 79,21% das respostas concordaram parcial ou totalmente que aprenderam satisfatoriamente os conteúdos ministrados. Somado a isso, em Q14, 53,72% dos respondentes concordaram parcial ou totalmente que aprenderam tanto quanto se estivessem em modelo tradicional presencial. Em Q13 os alunos foram convidados a informarem os fatores que mais afetaram negativamente a sua aprendizagem. Os cinco fatores mais citados que atrapalharam a aprendizagem dos alunos foram: trabalho (média de 52,18%), falta de ambiente físico adequado (média de 48,96%), atividades domésticas (média de 47,55%), situação psicológica (média de 38,37%) e baixa motivação (média de 34,07%).

O formulário eletrônico tinha ainda um espaço para que os alunos fornecessem sugestões de melhorias para: (1) o roteiro de estudo, (2) a aula virtual (síncrona) e (3) a execução da SAI como um todo. Para esse artigo foi feito um agrupamento nas respostas, categorizando-as conforme seu contexto.

Em (1), sobre os roteiros de estudo, foram obtidas 56 respostas. Dessas respostas, 15 apresentaram elogios e/ou satisfação em relação a organização e qualidade dos materiais, como *“Eu gostei bastante do roteiro de estudo, principalmente da parte no qual ele disponibiliza videoaulas explicando mais sobre o assunto, pois ao meu ver fica mais fácil a aprendizagem para o aluno ao ver alguém fazendo aquilo que foi ensinado na prática”*, *“O roteiro de estudo está sempre com ótimos materiais de referências”* e *“O conteúdo do roteiro está adequado e bem organizado”*. As 41 respostas restantes apresentaram sugestões para o roteiro, principalmente sobre a extensão, materiais e quantidade de atividades. No que diz respeito à extensão, 8 respostas sugeriram a diminuição da dimensão, das quais podemos citar *“Ter um roteiro de estudo para se orientar é ótimo, porém ter um conteúdo teórico muito extenso pode vim a se tornar cansativo e conseqüentemente afetar no desempenho ou na fixação de um determinado conteúdo, o bom seria conciliar a parte teórica com a prática, dividindo a teórica em partes e completando cada parte com alguma prática que ajude a fixa ou até mesmo a testar aquele conteúdo (parte teórica) estudado”* e *“Poderia ser um pouco mais objetivo na hora de dizer sobre o conteúdo, foram muitos vídeos, e a leitura estava normal eu diria, mas mesmo assim foi um pouco extensa”*. Em relação aos materiais, os alunos sugeriram inserir materiais

produzidos pelo professor da disciplina (6 repostas), exemplos de códigos de programação (3 respostas) e vídeos com construção de códigos (4 respostas). Referente a quantidade de atividades, 4 alunos sugeriram aumentar o quantitativo e apenas 1 sugeriu diminuir.

Para (2), foram recebidas 34 sugestões relacionadas com as aulas práticas síncronas. Onze (11) delas elogiaram o momento síncrono como *“gostei das aulas onde é para tirar dúvidas e corrigir programas”* e *“Estão boas com os games e tudo mais. A interatividade é um fator importante nesse momento tão difícil”*. As 23 restantes ressaltaram a importância de resolução de exercícios práticas e explanação de códigos de programação durante o momento síncrono, dentre elas, sugestões como *“Continuar abrindo com a explicação ou até já sanando dúvidas e demonstração de códigos”* e *“Mais exemplos práticos de cada assunto”*.

Por fim, ao serem instigados sobre a execução da aula invertida (3), os alunos forneceram 32 sugestões. Dessas, 11 elogiaram o método, como por exemplo: *“Acho que é por esse caminho mesmo da aula invertida, método que eu não conhecia, mas que acredito ter potencializado meus estudos”*. As 21 seguintes sugeriram aumentar o prazo para resolução dos quizzes e exercícios práticos de programação, como em *“Acho que o tempo para resolver as atividades das aulas invertidas deveria ser maior tendo em vista que temos outras disciplinas”*.

5 DISCUSSÕES

O processo de ensino e aprendizagem de ED é desafiante, especialmente no que tange considerar a aplicação de conceitos teóricos em atividades práticas de codificação. Como estratégia de promoção de atividades práticas, podem ser utilizados métodos de apoio ao ensino com foco na aprendizagem ativa, transformando o aluno em um agente também responsável por construir o próprio conhecimento. O presente trabalho avaliou a experiência obtida a partir do uso do método da SAI durante o ERE no contexto da disciplina de ED. A partir da análise dos resultados apresentados na Seção 4, foi possível encontrar evidências para responder as questões de pesquisa propostas para este estudo.

5.1 RQ1 - O uso do método da SAI no contexto do ERE melhora a aprendizagem dos alunos em ED?

O impacto na aprendizagem dos alunos foi medido pela comparação entre as notas de pré e pós-testes em cada um dos seis assuntos abordados. Em média, houve um ganho de 25,35% na aprendizagem dos alunos com a aula invertida, representando um impacto positivo significativo entre as notas comparadas (validado por meio do teste estatístico de *Mann-Whitney*). O impacto chegou a ser de 54,27% na aula sobre Pilhas e Filas. Entre os assuntos ministrados, apenas Modularização de Código (C1) e Listas (C3) não obtiveram uma melhoria significativa nas notas do pós-teste. No caso de C1, o resultado pode ser por conta da natureza do assunto ser uma revisão de conteúdo, tendo em vista que os alunos tiveram contato com o conteúdo em uma disciplina anterior. Já para C3, o resultado pode ser por conta da similaridade com o assunto de Pilha e Fila (que são tipos específicos de Listas), visto imediatamente anterior.

Com base neste estudo e em outros encontrados na literatura, percebe-se que o ensino de ED pode ser amparado pela incorporação

de métodos centrados no aluno. Ao adotar metodologias ativas, propõe-se o protagonismo aos alunos, tornando-os independentes para utilizar tempo e demais recursos de maneira que satisfaça suas necessidades individuais. Por outro lado, essa autonomia pode tornar o estudo enfadonho para aqueles alunos que possuem alguma dificuldade, seja no aprendizado ou algum outro fator que não seja facilmente percebido pelo professor, como a falta de ambiente físico adequado, dificuldade de acesso aos materiais ou a baixa motivação. Finalmente, tratando-se do impacto na aprendizagem no ensino de ED, pode-se dizer que o objetivo de suscetibilizar positivamente o conhecimento dos alunos em assuntos básicos foi atingido. A evolução média mostrada pelas notas fornece indícios de que os conteúdos foram melhor compreendidos durante o período de estudo.

5.2 RQ2 - Qual a avaliação do uso do método da SAI no ensino de ED sob a perspectiva dos alunos?

Quanto à avaliação da SAI, os alunos avaliaram de forma positiva sob diferentes aspectos, como a qualidade dos roteiros produzidos. Os discentes se sentiram satisfeitos com a aula invertida, preparação para a aula virtual (prática), qualidade dos vídeos, o uso de *quizzes* de autoavaliação e a coerência entre aula virtual (prática) e o roteiro. Quanto à extensão do roteiro de estudos, nos conteúdos C1, C4 e C5, os alunos concordaram que os roteiros tinham atividades práticas que exigiam esforço exagerado, dada à situação de pandemia. A partir desse resultado, ressalta-se a necessidade de revisar os referidos roteiros para diminuir a extensão e nível de esforço demandados aos alunos.

Quanto à aplicação das aulas invertidas, 79,79% apontaram que o tempo disponível foi um fator limitante no processo de estudo. Essa limitação é corroborada por outros fatores desafiadores apontados pelos alunos, como trabalho, atividades domésticas, falta de um ambiente físico adequado, situação psicológica (dado cenário de saúde pública) e baixa motivação. Apesar desses desafios, quase 80% dos discentes declararam que aprenderam os conteúdos ministrados e mais de 50% consideraram que aprenderam tanto quanto no modelo presencial. Sobre a motivação dos estudantes em relação ao método da SAI, 75,10% dos alunos sentiram-se entusiasmados a ter novas aulas invertidas. Nesse contexto, quando perguntados pela preferência de modelo, 78,32% declararam preferir aulas invertidas a aulas tradicionais. A partir dos dados coletados é possível evidenciar uma aceitação positiva dos alunos em relação ao uso de SAI no ensino de ED durante o ERE. A partir desse estudo foi aprendido que, mesmo quando acabar o ERE e o modelo presencial retornar, momentos não presenciais são importantes para estudos em casa como uma preparação para as aulas práticas de ED. Planeja-se inverter outras aulas nos próximos cursos presenciais para melhorar a qualidade das aulas em sala de aula, aplicando métodos ativos em mais aulas práticas de forma a aumentar o tempo dedicado a momentos de aprendizagem prática.

5.3 Limitações e Ameaças à Validade

Como limitações do estudo apresentado, destacam-se as características de circunstâncias que não foram consideradas, por exemplo, certificar-se que é a primeira vez que o aluno cursa a disciplina

alvo do estudo, pois isso poderia afetar a análise do impacto na aprendizagem. Outro ponto não abordado foi uma avaliação de satisfação e aceitação do professor após a aula invertida, dado que outros estudos apontam uma sobrecarga inicial do professor para a preparação dos roteiros de estudo. Destaca-se também a possibilidade de se realizar um estudo mais longo, com mais turmas, mais alunos participantes e mais aplicações de um mesmo roteiro. Durante as aulas de ED, nem todos os assuntos foram explorados usando o modelo de SAI. Algumas aulas seguiram um “fluxo tradicional” de aulas síncronas e assíncronas sem necessariamente usar o método da SAI. Não é possível afirmar que abordagem é vantajosa em relação ao ensino à distância (EAD) tendo em vista que não houve uma comparação efetiva.

Como ameaça à validade deste estudo, pode-se destacar a avaliação do impacto na aprendizagem dos alunos que, mesmo sendo advertidos em relação a não utilização de material de consulta durante os testes, podem ter pesquisado por respostas durante o pré e pós-teste, não usando apenas os conhecimentos adquiridos durante o estudo. O desempenho dos alunos também pode ter sido afetado pela alta demanda de atividades de outras disciplinas, além do trabalho, atividades domésticas ou algum dos outros fatores mencionados anteriormente pelos estudantes. Além disso, alguns alunos participaram de mais de um roteiro de estudo durante um mesmo semestre, o que pode ter influenciado na avaliação da aceitação do método como um todo.

6 CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou o uso de aulas invertidas apoiadas em roteiros de estudo na disciplina de Estruturas de Dados no contexto do Ensino Remoto Emergencial. Os aspectos avaliados foram o impacto na aprendizagem (RQ1) e a aceitação dos alunos (RQ2) em relação ao método utilizado.

O impacto na aprendizagem foi medido por meio da comparação de notas em pré e pós-testes, comparando o desempenho antes e depois da aplicação da SAI. Foi encontrado um acréscimo médio de 25,35% nas notas dos alunos, representando um impacto positivo significativo no desempenho dos discentes. Quanto à avaliação da aula invertida pelos discentes, foi realizada por meio de um formulário eletrônico. Os alunos mostraram satisfação com a qualidade do roteiros de estudo e na execução do modelo. Por fim, conclui-se que o método impactou de forma positiva na aprendizagem dos estudantes e obteve cerca de 74% de aceitação entre os discentes.

Como trabalhos futuros, pretende-se utilizar uma ferramenta específica online que auxilie o processo de criação de roteiros personalizados de estudo, bem como na execução das aulas invertidas, principalmente em relação ao acompanhamento discente durante os estudos fora e dentro da sala de aula. Além disso, realizar avaliações sobre as percepções com outros professores de ED. Adicionalmente, planeja-se usar o método em outros assuntos de Estrutura de Dados.

7 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo IFCE por meio de uma bolsa concedida pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC.

REFERÊNCIAS

- [1] [n.d.]. Edpuzzle. <https://edpuzzle.com/>. acessado em 24/10/2021.
- [2] [n.d.]. URI Online Judge. <https://www.urionlinejudge.com.br>. acessado em 17/10/2021.
- [3] Pedro Araújo, Cecília Costa, Windson Viana, Nécio de Lima Veras, and Eder JP Farias. 2020. Automatic Personalisation of Study Guides in Flipped Classroom: A Case Study in a Distributed Systems Course. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–9.
- [4] Pedro Araujo, Windson Viana, Necio Veras, Eder Jacques Farias, and José Aires de Castro Filho. 2019. Exploring students perceptions and performance in flipped classroom designed with adaptive learning techniques: A study in distributed systems courses. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, Vol. 30. 219.
- [5] Maurício Arimoto and Weldrey Oliveira. 2019. Dificuldades no Processo de Aprendizagem de Programação de Computadores: um Survey com Estudantes de Cursos da Área de Computação. 244–254.
- [6] Jonathan Bergmann and Aaron Sams. 2012. *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International society for technology in education. <http://books.google.com/books?id=nBi2pwAACAAJ>
- [7] Mireilla Bikanga Ada. 2020. Teaching Algorithms and Data Structures: A Tale of Two Approaches.
- [8] Adriana Dantas. 2015. Uma Avaliação do Modelo da Sala de Aula Invertida no Ensino Superior. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* 4, 1, 512.
- [9] Pedro Teixeira de Araújo. 2019. *FCTOOL: uma ferramenta para a geração de roteiros adaptativos de aulas invertidas de sistemas distribuídos*. Mestrado em Ciência da Computação. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- [10] William Simão de Deus, Maria Lydia Fioravanti, Camila Dias de Oliveira, and Ellen Francine Barbosa. 2020. Emergency Remote Computer Science Education in Brazil during the COVID-19 pandemic: Impacts and Strategies. *Revista Brasileira de Informática na Educação* 28, 1032–1059.
- [11] Aracele Garcia de Oliveira Fassbinder, Marcelo Fassbinder, and Ellen Francine Barbosa. 2015. From flipped classroom theory to the personalized design of learning experiences in MOOCs. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–8.
- [12] Amanda Hartwig, Marlei Silveira, Leonardo Fronza, Heitor Silveira, Mauro Matos, and Luciana Kohler. 2019. Metodologias ativas para o ensino na graduação na área de Computação. 1134–1138.
- [13] Charles Hodges, Stephanie Moore, Barb Lockee, Torrey Trust, Aaron Bond, et al. 2020. The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause review* 27, 1–12.
- [14] Long-Jun Huang, En Fan, Ke-Li Hu, and Sheng Feng. 2020. Research and Practice of Flipped Classroom in Data Structure. *Journal of Computers* 31, 5, 302–309.
- [15] Cassandra Ribeiro Joye, Marília Maia Moreira, and Sinara Socorro Duarte Rocha. 2020. Educação a Distância ou Atividade Educacional Remota Emergencial: em busca do elo perdido da educação escolar em tempos de COVID-19. *Research, Society and Development* 9, 7, e521974299–e521974299.
- [16] Alison King. 1993. From sage on the stage to guide on the side. *College teaching* 41, 1, 30–35.
- [17] Lisa L Lacher and Mark C Lewis. 2015. The effectiveness of video quizzes in a flipped class. In *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. ACM, 224–228.
- [18] Celine Latulipe, Stephen MacNeil, and Brian Thompson. 2018. Evolving a data structures class toward inclusive success. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–9.
- [19] Greg C. Lee and Pei-Lun Lee. 2015. Data Structures in Flipped Classroom: Students' Effort and Preference. 152–155.
- [20] Greg C Lee and Pei-Lun Lee. 2015. Data structures in flipped classroom: Students' effort and preference. In *2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering*. IEEE, 152–155.
- [21] Rensis Likert. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
- [22] Mary Lou Maher, Celine Latulipe, Heather Lipford, and Audrey Rorrer. 2015. Flipped Classroom Strategies for CS Education. 218–223.
- [23] Gonzalo Martínez-Muñoz and Estrella Pulido. 2015. Using a SPOC to flip the classroom. In *2015 IEEE global engineering education conference (EDUCON)*. IEEE, 431–436.
- [24] Bárbara Augusta Faria Silva Martins, Ana Clara Amado Dolabella, Nathália Silva Rabelo, Ariadne Silva Daher Resende, and Anna Júlia Dourado Moreira. 2021. Desafios do Ensino Remoto Emergencial. In *Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*, Vol. 1.
- [25] Tyler Rinker. 2014. Likert.
- [26] Carina Alexandra Rondini, Ketilin Mayra Pedro, and Cláudia dos Santos Duarte. 2020. PANDEMIA DO COVID-19 E O ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: MUDANÇAS NA PRÁXIS DOCENTE. *EDUCAÇÃO* 10, 1, 41–57.
- [27] Allison Stanger. 2020. Make All Courses Pass/Fail Now. *Chronicle of Higher Education*. Retrieved July 27, 2020.
- [28] Peter Strelan, Amanda Osborn, and Edward Palmer. 2020. The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 100314.
- [29] The New York Times. [n.d.]. A Timeline of the Coronavirus Pandemic. <https://www.nytimes.com/article/coronavirus-timeline.html>. acessado em 17/10/2021.
- [30] Benjamin Tyler and Madina Abdrakhmanova. 2016. Flipping the CS1 and CS2 classrooms in Central Asia. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–5.
- [31] Sarah Zappe, Robert Leicht, John Messner, Thomas Litzinger, and Hyeon Woo Lee. 2009. "Flipping" the classroom to explore active learning in a large undergraduate course. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- [32] Jiaofei Zhong. 2018. Actively Engage Students with Diverse Background Using a More Personalized Approach. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–5.