
Explorando o Uso de Competição e
Cooperação na Experiência de
Estudantes de Computação de Acordo
com seu Gamification User Type

Felipe Pereira Perez

PÓS-GRADUAÇÃO FACOM UFMS

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Explorando o Uso de Competição e Cooperação na Experiência de Estudantes de Computação de Acordo com seu Gamification User Type

Felipe Pereira Perez

Orientador: *Prof. Dr Anderson Corrêa de Lima*

Coorientadores: *Prof. Dr Amaury Antônio de Castro Jr.*

Prof. Dr Wilk Oliveira

Dissertação apresentada à Faculdade de Computação (FACOM) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) como parte dos requisitos necessários à obtenção para do título em Mestre em Computação Aplicada.

UFMS - Campo Grande
outubro/2023

Agradecimentos

Gostaria de dedicar um momento para expressar meus sinceros agradecimentos a pessoas especiais que desempenharam papéis fundamentais durante minha jornada de mestrado.

Primeiramente, quero expressar minha profunda gratidão à minha esposa. Sua incansável paciência, apoio inabalável e compreensão foram pilares essenciais ao longo desses anos. Sua presença constante e encorajamento foram a luz que me guiou nos momentos desafiadores. Obrigado por estar ao meu lado e compartilhar essa conquista significativa comigo.

Ao meu filho, que entrou em minha vida no início desta jornada acadêmica, quero expressar minha imensa gratidão. Seu nascimento trouxe uma nova perspectiva e inspiração para minha busca pelo conhecimento. Seu sorriso e entusiasmo foram fontes de motivação que impulsionaram meu comprometimento e dedicação. Obrigado por ser uma fonte constante de alegria e inspiração.

Aos meus pais, expresso minha gratidão por terem proporcionado a oportunidade de ingressar na faculdade. Seu apoio financeiro e incentivo constante foram os alicerces que me permitiram iniciar essa jornada de descoberta e aprendizado. Sou eternamente grato por sua dedicação à minha educação e por serem fontes inesgotáveis de inspiração.

Também desejo agradecer calorosamente aos alunos que participaram ativamente do meu estudo. Sua dedicação, entusiasmo e colaboração foram vitais para o sucesso desta pesquisa. Cada um de vocês contribuiu de maneira única, tornando este trabalho mais rico e robusto. Agradeço pela disposição em se envolverem, pelo tempo dedicado e pela valiosa contribuição para o avanço do conhecimento nesta área.

Não poderia deixar de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador e aos meus co-orientadores. Seu conhecimento, orientação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e para o meu crescimento acadêmico. Obrigado por compartilharem sua expertise e por guiarem

este trabalho de maneira tão dedicada.

A todos que fizeram parte desta jornada, meu mais sincero obrigado. Este é um momento de celebração, e estou profundamente grato por ter tido a honra de estar, trabalhar e aprender ao lado de pessoas tão extraordinárias.

Abstract

Gamification has been used in recent years as an alternative to improve computing teaching. However, most studies focus on using classic gamification approaches (*e.g.*, based on points, badges, and leaderboards) without considering individual aspects of students. Filling this gap, we explored (for four weeks) the use of a novelty gamification approach based on competition and cooperation (together) in the perception of undergraduate students according to their gamification user type. The results of the qualitative study (N = 15) based on thematic analysis show that *i)* the competition was more perceived by the students (regardless of their gamification user type), *ii)* students demonstrated more willingness to be in first place in the ranking (competition) and *iii)* it eas no perceived significant changes in the students' perception over the three weeks. Our study contributes especially to the areas of Computing Education and Gamification, through insights related to the design of gamified classes based on competition and cooperation.

Resumo

A gamificação tem sido utilizada nos últimos anos como alternativa para melhorar o ensino de computação. No entanto, a maioria dos estudos concentra-se no uso de abordagens clássicas de gamificação (*e.g.*, com base em pontos, distintivos e rankings) sem considerar aspectos individuais dos alunos. Preenchendo essa lacuna, exploramos (durante quatro semanas) o uso de uma abordagem inovadora de gamificação baseada na competição e cooperação (em conjunto) na percepção de estudantes de graduação de acordo com seu tipo de usuário de gamificação. Os resultados do estudo qualitativo (N = 15) baseado na análise temática mostram que *i)* a competição foi mais percebida pelos alunos (independentemente do tipo de usuário de gamificação), *ii)* os alunos demonstraram mais disposição estar em primeiro lugar no ranking (competição) e *iii)* não foram percebidas mudanças significativas na percepção dos alunos ao longo das três semanas. Nosso estudo contribui especialmente para as áreas de Educação em Computação e Gamificação, por meio de insights relacionados ao design de aulas gamificadas baseadas na competição e na cooperação.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Sumário | xiv |
| Lista de Figuras | xv |
| Lista de Tabelas | xvii |
| 1 Introdução | 1 |
| 2 Revisão da literatura | 5 |
| 2.1 O ensino de programação paralela | 5 |
| 2.2 O uso de gamificação na computação educacional | 7 |
| 2.3 Gamificação no ensino de programação paralela | 10 |
| 2.4 Trabalhos relacionados | 10 |
| 3 Design do Estudo | 15 |
| 3.0.1 Objetivo e questão de pesquisa | 15 |
| 3.0.2 Materiais e Métodos | 16 |
| 3.0.3 Participantes e coleta de dados | 17 |
| 3.0.4 Análise dos dados | 19 |
| 3.0.5 Limitações da pesquisa | 20 |
| 4 Resultados | 23 |
| 4.0.1 Tema 1: Elementos identificados na plataforma | 24 |
| 4.0.2 Tema 2: Benefícios dos elementos de jogo na plataforma | 24 |
| 4.0.3 Tema 3: Aspectos relacionados a competição | 25 |
| 4.0.4 Tema 4: Aspectos relacionados a cooperação | 26 |
| 4.0.5 Tema 5: Aspectos não relacionados a gamificação | 27 |
| 4.0.6 Tema 6: Aspectos relacionados as missões e atividades | 28 |
| 4.0.7 Tema 7: Falta de conhecimento sobre o funcionamento de elementos na plataforma | 29 |
| 5 Discussões | 31 |
| 5.1 Implicações práticas | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 6 Considerações Finais | 37 |
| Referências | 42 |
| A Aulas | 43 |
| B Atividades | 59 |
| B.1 Aula 1: Introdução à programação paralela | 59 |
| B.1.1 Missão: Definição de programação paralela | 59 |
| B.1.2 Missão: Vantagens e desvantagens da programação paralela | 61 |
| B.1.3 Missão: Modelos de programação paralela | 63 |
| B.2 Aula 2: Sincronização em programação paralela | 65 |
| B.2.1 Missão: Problemas de concorrência | 65 |
| B.2.2 Associe corretamente os tipos de problemas de concorrên- | |
| cia com suas respectivas descrições: | 66 |
| B.2.3 Missão: Técnicas de sincronização, como semáforos, mu- | |
| tex e variáveis de condição | 67 |
| B.2.4 Missão: Implementação de barreiras de sincronização . . . | 69 |
| B.3 Aula 3: Comunicação em programação paralela | 70 |
| B.3.1 Missão: Comunicação entre processos/threads | 70 |
| B.3.2 Missão: Passagem de mensagens | 72 |
| B.3.3 Missão: Implementação de canais de comunicação | 74 |
| B.4 Aula 4: Escalonamento em programação paralela | 76 |
| B.4.1 Missão: Conceito de escalonamento em paralelo | 76 |
| B.4.2 Missão: Técnicas de escalonamento, como divisão de tare- | |
| fas, granularidade e localidade | 78 |
| B.4.3 Missão: Implementação de escalonamento em diferentes | |
| ambientes de programação paralela | 80 |
| C Ata de Defesa de Dissertação | 83 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| 3.1 Telas da Plataforma <i>Eagle-edu</i> | 18 |
|--|----|

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Trabalhos relacionados | 13 |
| 4.1 | Hexad | 24 |
| 4.2 | Análise Temática - Tema Elementos identificados na plataforma . | 25 |
| 4.3 | Análise Temática - Tema Benefícios dos elementos de jogo na plataforma | 26 |
| 4.4 | Análise Temática - Tema Aspectos relacionados a competição . . | 26 |
| 4.5 | Análise Temática - Tema Aspectos relacionados a cooperação . . | 27 |
| 4.6 | Análise Temática - Tema Aspectos não relacionados a gamificação | 28 |
| 4.7 | Análise Temática - Tema Aspectos relacionados as missões e ati- vidades | 29 |
| 4.8 | Análise Temática - Tema Falta de conhecimento sobre o funcio- namento de elementos na plataforma | 29 |

Introdução

No cenário desafiador da programação paralela, destacamos a complexidade e arduidade associadas à compreensão dos conceitos e técnicas inerentes a essa disciplina exigente (Hardasmal and Salguero, 2020). Nesse contexto, a gamificação emerge como uma proposta inovadora e promissora, visando não apenas simplificar, mas também tornar envolvente o estudo desse tópico desafiador para os alunos (Figueiredo, 2020).

Ao adentrarmos nos desafios do ensino de programação paralela, deparamo-nos com obstáculos que frequentemente resultam em desmotivação e falta de interesse entre os alunos (Matthews, 2020). A abordagem convencional nesse domínio é muitas vezes percebida como abstrata e distante da aplicação prática, tornando a absorção efetiva dos conceitos uma tarefa árdua (Ahmad et al., 2020).

A complexidade técnica da programação paralela não apenas desafia os estudantes, mas também se reflete em altas taxas de desistência e desempenho acadêmico aquém do esperado (Younis et al., 2021). Assim, surge de forma incontestável a demanda por abordagens inovadoras capazes de transcender esses desafios, motivando os alunos a uma participação ativa no conteúdo e fomentando a construção de um conhecimento sólido sobre o paralelismo (Matthews, 2020).

A gamificação, entendida como o processo de transfigurar serviços, atividades e sistemas para promover benefícios motivacionais comparáveis aos encontrados em jogos (Hamari, 2019; Koivisto and Hamari, 2019), emerge como uma abordagem verdadeiramente inovadora no campo educacional (Koivisto and Hamari, 2019; Svanberg and Bergh, 2023). Este fenômeno transformador impacta substancialmente a interação dos estudantes com o conhecimento,

visando não apenas a transmissão de informações, mas a criação de experiências educacionais envolventes e motivadoras (Palová and Vejcka, 2022).

Dentro do espectro multifacetado da gamificação, dois elementos destacam-se como pilares fundamentais: competição e colaboração (Rodrigues et al., 2022; Younis et al., 2021). A competição, ao instigar desafios e rivalidades, revela-se como uma ferramenta eficaz para estimular o interesse e a motivação dos estudantes, elevando a dinâmica do aprendizado. Por outro lado, a colaboração desempenha um papel crucial ao facilitar o compartilhamento de conhecimentos e habilidades, promovendo uma cultura de aprendizagem coletiva e desenvolvimento de habilidades interpessoais (Rodrigues et al., 2022).

O reconhecimento crescente e a adoção da gamificação no cenário educacional apontam para um potencial revolucionário que vai além da mera introdução de elementos lúdicos. A gamificação cria uma experiência educacional dinâmica e inovadora, transcendendo os métodos tradicionais de ensino (Pham et al., 2022). Ao integrar elementos de jogos em contextos não tradicionalmente associados a jogos, esta abordagem não apenas cativa os estudantes, mas redefine a própria natureza do aprendizado, proporcionando um ambiente que reflete a diversidade de estilos e preferências de aprendizagem.

Apesar disso, no ensino de computação em geral, os estudos focam em avaliar a gamificação clássica (e.g., baseada em pontos, *badges* e *ranking*) na experiência dos estudantes. Isso gerou ao longo dos últimos anos, dois problemas discutidos pela comunidade. Primeiro, o uso de gamificação tendem a produzir os mesmos resultados, sem gerar novas contribuições para a comunidade. Segundo, os estudos não consideram as individualidades dos estudantes, que tendem a ter experiência diferentes de acordo com seu perfil. Assim, um dos desafios atuais da gamificação no ensino de computação é investigar como novas abordagens (e.g., gamificação baseada em competição e colaboração) podem afetar atingir a experiência dos estudantes.

Enfrentando esse desafio, nesse estudo, exploramos o uso da gamificação baseada em competição e colaboração (juntas) no ensino de programação paralela. Para isso, optamos por conduzir um estudo qualitativo com o objetivo de explorar a percepção dos estudantes sobre o uso de competição e cooperação em uma plataforma gamificada. Este estudo foi conduzido ao longo de quatro semanas, envolvendo quinze (15) alunos do sétimo semestre de Engenharia de Software em uma disciplina de programação paralela. A abordagem consistiu em três etapas: na *primeira etapa*, foi aplicado o *User Type Hexad* para categorizar os alunos em perfis de jogadores, oferecendo informações adicionais sobre suas motivações. Na *segunda etapa*, os alunos participaram de aulas teóricas presenciais ministradas por um professor especializado em programação paralela, abordando os fundamentos e desafios da disciplina.

Na *terceira etapa*, os alunos interagiram com a plataforma gamificada (*i.e.*, Eagle-edu), engajando-se em missões de aprendizagem relacionadas aos tópicos abordados. A coleta de dados foi conduzida por meio de entrevistas semi-estruturadas individuais e semanais, capturando as percepções, experiências e desafios enfrentados pelos alunos ao interagir com a plataforma gamificada. A partir dessa coleta de dados, foi realizada uma análise temática, uma abordagem qualitativa que permitiu identificar padrões e temas emergentes nas respostas dos participantes.

Os principais resultados deste estudo indicam que a *i)* gamificação gerou engajamento dos alunos no ensino de programação paralela, *ii)* resultou em uma melhoria substancial na compreensão e retenção dos complexos conceitos de paralelismo, sugerindo sua eficácia como ferramenta pedagógica. *iii)* As entrevistas individuais e a aplicação do *User Type Hexad* proporcionaram uma percepção mais detalhada sobre as perspectivas dos alunos e suas motivações, enriquecendo a compreensão abrangente dos efeitos da gamificação no contexto estudado. Este estudo contribui para as áreas de educação e tecnologia, bem como para o campo da programação paralela, sobre o uso de gamificação na promoção do engajamento dos alunos e na melhoria do processo de ensino-aprendizagem, destacando a importância da competição e cooperação como elementos motivadores e no desenvolvimento de habilidades sociais.

Revisão da literatura

Nesta seção apresentamos os principais temas abordados neste estudo (*i.e.*, o ensino de programação paralela e o uso da gamificação na Educação em Computação). Apresentamos também os trabalhos relacionados.

2.1 *O ensino de programação paralela*

A programação paralela, uma técnica avançada na computação, envolve a execução simultânea de várias tarefas computacionais, visando aprimorar tanto a eficiência quanto o desempenho dos sistemas (Younis et al., 2021). Esse método complexo demanda dos programadores a habilidade de decompor problemas intrincados em tarefas menores que podem ser executadas em paralelo, possibilitando uma utilização mais eficaz dos recursos do sistema (Conte et al., 2020). Para alcançar uma implementação bem-sucedida da programação paralela, é essencial que os profissionais compreendam conceitos fundamentais, tais como *threads*, processos, sincronização, compartilhamento de memória e comunicação interprocessual (Danelutto and Torquati, 2018). Nesse cenário, a competência nesses princípios se torna crucial para maximizar os benefícios proporcionados pela programação paralela, representando um desafio significativo, mas essencial, para os profissionais da área de computação.

No entanto, apesar dos benefícios, a abordagem de programação paralela enfrenta desafios significativos, como condições de corrida, *deadlocks* e o desafio do balanceamento de carga, que podem complicar a implementação correta e o desempenho do sistema (Hardasmal and Salguero, 2020). Estes obstáculos demandam uma abordagem cautelosa e competente por parte dos

programadores para superar as complexidades inerentes a sistemas paralelos, destacando a necessidade de uma compreensão aprofundada desses desafios e suas soluções.

Diante dessas considerações, o ensino de programação paralela é confrontado com a tarefa de transmitir de maneira clara e acessível conceitos intrincados, capacitando os estudantes a desenvolverem aplicações paralelas eficientes e robustas (Fresno et al., 2018). Esta demanda ressalta a importância de estratégias educacionais inovadoras que consigam superar a complexidade do assunto. Diversos métodos têm sido adotados, desde abordagens tradicionais com aulas expositivas e laboratórios práticos até a exploração de ambientes virtuais e ferramentas de simulação (Matthews, 2020). Enquanto aulas teóricas oferecem uma base conceitual sólida, a aplicação prática, muitas vezes, é melhor abordada por meio de laboratórios. No entanto, este último nem sempre consegue abranger efetivamente casos reais de paralelismo, evidenciando a complexidade no desenvolvimento de métodos educacionais que englobem todos os aspectos cruciais do aprendizado em programação paralela.

A aprendizagem de programação paralela, intrinsecamente complexa, muitas vezes encontra-se permeada por desafios que podem significativamente impactar o progresso dos alunos na assimilação desses conceitos avançados (Conte et al., 2020). Uma das barreiras mais proeminentes reside na necessidade de uma mudança de paradigma, uma vez que a programação paralela demanda uma abordagem distinta em relação à programação sequencial tradicional. Essa transição pode ser particularmente desafiadora para aqueles que estão habituados exclusivamente à lógica sequencial (Matthews, 2020). Consequentemente, a superação desse obstáculo é fundamental para garantir que os alunos assimilem efetivamente os princípios da programação paralela.

Além disso, a identificação e resolução de *bugs* em sistemas paralelos adicionam uma camada adicional de complexidade ao processo de aprendizado. Problemas como condições de corrida podem se mostrar difíceis de detectar e corrigir, acrescentando um desafio substancial à jornada educacional dos alunos em programação paralela (Conte et al., 2020). Nesse cenário, torna-se evidente a necessidade de abordagens pedagógicas eficazes que não apenas instruem os alunos nos conceitos teóricos, mas também os capacitem a enfrentar pragmaticamente os desafios práticos associados à programação paralela.

A implementação eficaz do paralelismo frequentemente exige um profundo entendimento da arquitetura do sistema e das peculiaridades da plataforma de hardware. Este requisito, por vezes, sobrecarrega os alunos, especialmente em um ambiente acadêmico onde os recursos de tempo e hardware podem ser limitados (Danelutto and Torquati, 2018). A complexidade dessa demanda pode

resultar em desafios substanciais para os alunos, potencialmente levando à desmotivação e prejudicando a compreensão e o desempenho na programação paralela.

Essas dificuldades ressaltam a necessidade premente de estratégias de ensino que abordem de forma eficaz e acessível os desafios associados ao paralelismo na programação (Fresno et al., 2018). Em um cenário educacional, onde os recursos de tempo e hardware são frequentemente limitados, é crucial adotar métodos que incentivem e sustentem o interesse dos alunos. A incorporação de abordagens que tornem o ensino mais lúdico não apenas responde a esses desafios, mas também destaca a importância de proporcionar uma experiência educacional envolvente e motivadora. Este enfoque busca transformar a assimilação de conhecimento em uma jornada inspiradora e eficaz, moldando a perspectiva dos alunos em relação à programação paralela (Conte et al., 2020).

2.2 *O uso de gamificação na computação educacional*

A gamificação, como estratégia, busca aplicar conceitos, mecânicas e dinâmicas de jogos em contextos não relacionados a jogos, visando intensificar o engajamento, a motivação e a aprendizagem dos participantes (Hamari, 2019; Svanberg and Bergh, 2023). Dentre os principais elementos destacados por Figueiredo (2020) e Khaitova (2021), ressaltam-se as recompensas, como pontos e medalhas, que incentivam a realização de tarefas e o cumprimento de metas; os níveis, representando o progresso dos participantes, estimulando a evolução contínua; os desafios, promovendo a resolução de problemas e a superação de obstáculos; e as competições, fomentando a colaboração e o espírito de equipe entre os envolvidos.

A implementação da gamificação, conforme discutido por Palová and Vejcka (2022) e Ahmad et al. (2020), também pode incorporar elementos como narrativas envolventes, *feedbacks* imediatos e sistemas de *leaderboard*. Essa abordagem visa promover uma experiência interativa e gratificante, acrescentando camadas de envolvimento à dinâmica do processo de aprendizagem. A integração equilibrada desses elementos contribui para a criação de um ambiente educacional estimulante e desafiador, capaz de impulsionar o interesse e o comprometimento dos alunos, gerando uma dinâmica que transcende os métodos tradicionais de ensino (Palová and Vejcka, 2022; Hamari, 2019).

Khaitova (2021) explora a gamificação educacional, destacando sua capacidade de assumir formas diversas e objetivos variados, dependendo do contexto de aplicação. Esta versatilidade permite que a gamificação seja adaptada às

especificidades de diferentes ambientes educacionais, oferecendo uma gama ampla de abordagens para enriquecer o processo de aprendizagem.

Por sua vez, Oliveira et al. (2022) e Costa (2023) abordam a gamificação educacional sob a perspectiva de plataformas gamificadas, que incorporam elementos de jogos em ambientes de ensino mais amplos, como disciplinas acadêmicas ou treinamentos corporativos. O principal objetivo dessas abordagens é catalisar o engajamento dos alunos, transformando o processo de aprendizagem em uma experiência mais atraente e efetiva.

Além disso, Arufe Giráldez et al. (2022) destaca a capacidade da gamificação em estimular a colaboração e a competição saudável entre os estudantes, fomentando o trabalho em equipe e a busca por melhores resultados. Através dessas dinâmicas sociais, a gamificação visa promover um ambiente educacional dinâmico e interativo, enriquecendo não apenas a aprendizagem, mas também as habilidades sociais dos participantes. Essas abordagens convergentes na gamificação visam alcançar objetivos amplos, desde o estímulo à motivação intrínseca até o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a retenção de conhecimento a longo prazo (Koivisto and Hamari, 2019; Manzano-León et al., 2022; Svanberg and Bergh, 2023).

Recentemente, os estudos na área de gamificação têm destacado uma importante variabilidade nas formas de motivação dos estudantes, especialmente considerando seu "*gamification user type*" (Diamond et al., 2015). Modelos como o Hexad de Bartle oferecem uma estrutura classificatória, categorizando os usuários de sistemas gamificados em diferentes perfis, como Conquistadores, Exploradores, Socializadores e Realizadores, com base em suas motivações e preferências em jogos (ou sistemas gamificados) (Koivisto and Hamari, 2019; Danelutto and Torquati, 2018). Esta abordagem reconhece a diversidade nas motivações dos estudantes, fornecendo dados valiosos para personalizar as experiências de aprendizagem.

Ao aplicar essas teorias e modelos, torna-se possível personalizar as experiências de aprendizagem de acordo com as necessidades e motivações específicas de cada aluno. Essa abordagem sob medida não apenas respeita a individualidade dos estudantes, mas também contribui para um processo de ensino mais eficiente e gratificante (Tondello et al., 2016). A personalização da gamificação no ensino não apenas leva em consideração as preferências individuais, mas também se torna um recurso estratégico para cultivar a motivação intrínseca dos alunos, transformando o processo de aprendizagem em uma jornada adaptativa e significativa.

De modo especial, a competição e cooperação emergem como impulsionadores de experiências positivas nos estudantes, desempenhando papéis distintos no contexto educacional (Manzano-León et al., 2022). Focalizando na

competição, observa-se que ela desempenha um papel fundamental no engajamento dos alunos, conforme destacado por Manzano-León et al. (2022). A introdução de elementos competitivos, como placares de líderes e desafios, motiva os estudantes a buscar desempenhos superiores e a superar seus colegas (Ahmad et al., 2020). Essa dinâmica emocionante reproduz a competição saudável encontrada em jogos tradicionais, sendo uma ferramenta eficaz para elevar o interesse dos alunos e estimulá-los a dedicarem-se ao aprendizado no contexto educacional (Rodrigues et al., 2023).

Entretanto, é crucial garantir que a competição seja equilibrada e justa, proporcionando a todos os alunos a oportunidade de participar e sentir-se motivados. Este equilíbrio é essencial para evitar exclusões e promover um ambiente inclusivo. Além do impulso motivacional, a competição também atua como catalisador para o desenvolvimento de habilidades cruciais, como resolução de problemas, pensamento crítico e perseverança (Younis et al., 2021). Ao enfrentar desafios competitivos, os alunos são desafiados a superar obstáculos, contribuindo para um aprendizado mais significativo e prático.

A cooperação, em contraste com a competição baseada em rivalidade, concentra-se na colaboração entre os alunos, visando a consecução de metas comuns (Manzano-León et al., 2022). Este aspecto colaborativo da gamificação promove um ambiente em que os estudantes são incentivados a trabalhar em conjunto, compartilhar conhecimento e oferecer apoio mútuo durante o processo de aprendizado. Essa dinâmica não apenas cria um ambiente de aprendizado positivo, mas também contribui significativamente para o desenvolvimento de habilidades sociais, como comunicação eficaz e trabalho em equipe (Hamari, 2019).

Na prática, a cooperação na gamificação pode ser incorporada por meio de atividades de grupo, missões conjuntas e recompensas compartilhadas. Essas estratégias não apenas fortalecem a colaboração entre os alunos, mas também fomentam um senso de comunidade e pertencimento. Nesse ambiente, os alunos se sentem valorizados não apenas por suas conquistas individuais, mas também por suas contribuições para o sucesso coletivo (Manzano-León et al., 2022). Dessa forma, tanto a competição quanto a cooperação desempenham papéis vitais na gamificação, enriquecendo as experiências de aprendizado ao oferecer abordagens motivadoras e envolventes para os alunos (Rodrigues et al., 2022).

2.3 *Gamificação no ensino de programação paralela*

Segundo Manzano-León et al. (2022) a gamificação tem sido amplamente empregada na educação, abrangendo diversos níveis de ensino e disciplinas acadêmicas. Manzano-León (2021) e Younis et al. (2021) citam o uso em cursos de línguas estrangeiras, por exemplo, plataformas gamificadas oferecem desafios de vocabulário, competições de tradução e recompensas por progresso linguístico. Na área de ciências, jogos educacionais interativos são utilizados para ensinar conceitos de biologia, química e física, oferecendo simulações realistas e interativas. Além disso, Pham et al. (2022) demonstram o uso em disciplinas de matemática, que frequentemente podem parecer abstratas e desafiadoras, jogos educacionais têm sido empregados para ensinar habilidades de resolução de problemas e promover o entendimento conceitual.

Soboleva et al. (2021) trata especificamente no contexto da programação, demonstrando potencial para influenciar positivamente o desempenho dos alunos. A incorporação de elementos lúdicos e mecânicas de jogos na aprendizagem de programação oferece uma abordagem envolvente, na qual os alunos podem enfrentar desafios práticos, conquistar recompensas e avançar em níveis à medida que dominam conceitos complexos. Esses exemplos ilustram como a gamificação pode ser adaptada a diferentes contextos educacionais, tornando o aprendizado mais dinâmico, motivador e relevante para os alunos.

Embora a gamificação tenha sido amplamente explorada em diversas áreas de ensino, sua aplicação específica no ensino de programação paralela tem sido objeto de interesse crescente na área de educação em ciência da computação. A partir de estudos, tais como Hardasmal and Salguero (2020) e Fresno et al. (2018) tem-se observado que a gamificação pode ser uma ferramenta eficaz para superar desafios tradicionais no ensino de programação paralela, estimulando o interesse dos alunos e melhorando a compreensão conceitual.

2.4 *Trabalhos relacionados*

Ao longo dos últimos anos, alguns trabalhos foram realizados com o objetivo de usar a gamificação no ensino de Computação Paralela. Hardasmal and Salguero (2020) apresentam um método para ensinar paralelismo a estudantes de graduação, empregando a gamificação em micromundos de aprendizado. Os resultados revelaram que os alunos que seguiram o método gamificado alcançaram um desempenho notavelmente superior na compreensão do paralelismo em comparação com aqueles que foram submetidos a métodos tradicionais de ensino (Hardasmal and Salguero, 2020). Demonstram também

o potencial da gamificação como uma ferramenta efetiva para facilitar a aprendizagem e o domínio de conceitos desafiadores, reforçando a importância de explorar estratégias inovadoras para aprimorar a educação em áreas técnicas e complexas (Hardasmal and Salguero, 2020). O estudo faz uma análise qualitativa, coletando dados como o número de erros cometidos pelos alunos e o tempo que eles levaram para completar as tarefas, para comparar os resultados dos alunos que participaram de um curso gamificado com os resultados dos alunos que participaram de um curso não gamificado (Hardasmal and Salguero, 2020).

Fresno et al. (2018) descrevem um método para ensinar programação paralela a estudantes universitários usando gamificação. O processo de aprendizagem é dividido em quatro fases: introdução ao paradigma de programação paralela, aprendizagem por meio da gamificação, avaliação e reflexão. Os autores realizaram um experimento para avaliar a eficácia do seu método (Fresno et al., 2018). Eles compararam o desempenho dos alunos que seguiram o método gamificado com o desempenho dos alunos que seguiram o método tradicional de ensino de programação paralela (Fresno et al., 2018). Os resultados do experimento mostraram que os alunos que seguiram o método gamificado obtiveram um desempenho significativamente melhor. Os autores coletaram dados quantitativos, como notas de teste e tempo de conclusão do curso, para comparar os resultados dos alunos que participaram de um curso gamificado com os resultados dos alunos que participaram de um curso não gamificado.

Os pesquisadores Carreño-León et al. (2018) conduziram uma investigação sobre a eficácia da gamificação no ensino de programação. O estudo, realizado em uma universidade na Polônia e envolvendo 14 alunos de graduação, revelou que a aplicação da gamificação teve um impacto positivo significativo no engajamento e na motivação dos estudantes (Carreño-León et al., 2018). Os resultados demonstraram que os alunos que participaram do curso gamificado dedicaram mais tempo à interação com o conteúdo e relataram uma maior motivação para aprender programação (Carreño-León et al., 2018). Esta pesquisa oferece evidências de que a gamificação pode ser uma estratégia eficaz no contexto do ensino de programação, destacando seu potencial para melhorar a experiência de aprendizado nessa área específica (Carreño-León et al., 2018).

Winanti et al. (2021) implementaram um *framework* de gamificação que incorporou elementos como desafios, recompensas, progresso, competição e colaboração. Os resultados deste estudo indicaram que a aplicação desse *framework* de gamificação demonstrou eficácia notável na ampliação do engajamento e da motivação dos estudantes (Winanti et al., 2021). Os participantes que integraram o curso gamificado relataram uma motivação mais elevada

para aprender programação e uma maior imersão nas atividades de aprendizagem (Winanti et al., 2021). Portanto, este estudo fornece evidências de que a gamificação pode ser uma estratégia para aprimorar o processo de ensino e aprendizado na área da programação, oferecendo um *framework* que pode ser adotado por designers de cursos de programação para a criação de ambientes gamificados eficazes e envolventes (Winanti et al., 2021).

Schulz et al. (2023) descobriram que tanto estudantes quanto professores consideram a colaboração e a cooperação importantes para o aprendizado e a preparação para trabalhos futuros em ciência da computação. A proximidade com a realidade profissional é vista como um aspecto positivo da aprendizagem colaborativa e cooperativa (Schulz et al., 2023). No entanto, também existem riscos associados à aprendizagem colaborativa e cooperativa, como trapaça no curso e nos exames (Schulz et al., 2023). O estudo identificou vários obstáculos para uma colaboração e cooperação bem-sucedidas, incluindo diferenças na motivação, comunicação e estilos de trabalho (Schulz et al., 2023). Por fim, o estudo sugere que a gamificação pode ser uma estratégia eficaz para promover a colaboração e cooperação em cursos de ciência da computação (Schulz et al., 2023). A Tabela 2.1 apresenta uma visão geral e comparação dos trabalhos relacionados.

Em resumo, os trabalhos relacionados apresentam uma combinação de estudos com gamificação na programação e na programação paralela. Eles demonstram consistentemente que a gamificação se mostrou uma abordagem eficaz para melhorar o engajamento, a motivação e o desempenho dos alunos em ambos os contextos. No entanto, o nosso estudo se destaca por sua abordagem única e focada na investigação dos impactos da competição e colaboração específicas para a programação paralela. Até onde sabemos, somos pioneiros ao explorar como esses elementos da gamificação afetam a aprendizagem nesta disciplina desafiadora, preenchendo uma lacuna importante na literatura educacional em Computação Paralela e oferecendo uma contribuição significativa para o campo.

Tabela 2.1: Trabalhos relacionados

| Estudo | Tipo | Número de participantes | Tipo de gamificação | Nível de ensino | Resultado principal |
|------------------------------|--------------|----------------------------|--|-----------------|--|
| Hardasma and Salguero (2020) | Quantitativo | 100 alunos | Sistema de pontos, níveis e conquistas | Graduação | Os alunos que participaram do curso gamificado tiveram notas de teste significativamente mais altas do que os alunos que participaram do curso não gamificado. |
| Fresno et al. (2018) | Quantitativo | 120 alunos | Sistema de pontos, níveis e conquistas | Graduação | Os alunos que participaram do curso gamificado cometeram significativamente menos erros e concluíram as tarefas significativamente mais rapidamente do que os alunos que participaram do curso não gamificado. |
| Carreño-León et al. (2018) | Qualitativo | 14 alunos | Desafios, recompensas, progresso e <i>feedback</i> | Graduação | O estudo de caso mostrou que a gamificação foi eficaz para aumentar o envolvimento e a motivação dos alunos. Os alunos que participaram do curso gamificado passaram mais tempo interagindo com o conteúdo e relataram que ficaram mais motivados para aprender programação. |
| Winanti et al. (2021) | Qualitativo | 40 alunos | Desafios, recompensas, progresso, competição e colaboração | Graduação | O estudo fornece evidências de que a gamificação pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a aprendizagem de programação. A estrutura proposta pode ser usada por designers de cursos de programação para criar sistemas gamificados eficazes. |
| Schulz et al. (2023) | Qualitativo | 15 alunos e 10 professores | Colaboração e Cooperação | Graduação | O Estudo Expõe as Percepções de Alunos e Professores sobre Colaboração e Cooperação em Cursos de Ciência da Computação, Identificando Obstáculos e Sugerindo Gamificação como Estratégia Eficaz. |

Design do Estudo

Nesta seção, descrevemos o design do nosso estudo, abordando a obtenção, análise e interpretação dos dados. Ao interpretar os dados, buscamos estabelecer sua relação com a pergunta de pesquisa, que é apresentada a seguir.

3.0.1 Objetivo e questão de pesquisa

O objetivo geral deste estudo é investigar o impacto da gamificação com ênfase na competição e cooperação no ensino de programação paralela. Os objetivos específicos incluem avaliar o impacto da gamificação na motivação dos alunos para aprender programação paralela, analisar como os elementos de competição e cooperação podem ser efetivamente incorporados em um ambiente gamificado para melhorar o engajamento dos alunos, explorar as percepções dos alunos sobre a gamificação com foco na competição e cooperação no contexto da programação paralela e identificar estratégias de gamificação que promovam a competição e cooperação em cursos de programação paralela.

1. Qual é o impacto da gamificação, com ênfase na competição e cooperação, no nível de motivação dos alunos para aprender programação paralela?
2. Como os elementos de competição podem ser integrados de forma eficaz em um ambiente gamificado para melhorar o engajamento dos alunos no ensino de programação paralela?
3. De que maneira a cooperação pode ser incorporada de maneira eficiente

em um contexto de gamificação, com o objetivo de aumentar o envolvimento dos estudantes em cursos de programação paralela?

4. Quais são as percepções dos alunos sobre a gamificação, especialmente no que diz respeito à competição e cooperação, no contexto do ensino de programação paralela?
5. Quais estratégias de gamificação podem ser identificadas como promotoras da competição e cooperação em cursos de programação paralela?

3.0.2 *Materiais e Métodos*

Para identificar o perfil dos estudantes, utilizamos o modelo Hexad, um *framework* conceitual desenvolvido para categorizar diferentes perfis de usuários em ambientes gamificados (Diamond et al., 2015). Proposto por Diamond et al. (2015), esse modelo é baseado em seis tipos principais de jogadores: Socializador, Realizador, Conquistador, Mestre, Desbravador e Sobrevivente. Cada tipo reflete motivações intrínsecas e preferências dos indivíduos ao interagirem com sistemas gamificados (Diamond et al., 2015). Ao aplicar o Hexad, levantamos informações sobre como diferentes pessoas são influenciadas pela gamificação de acordo com suas preferências pessoais, facilitando a criação de experiências gamificadas mais adaptadas e envolventes (Tondello et al., 2016).

Para identificar o perfil Hexad dos participantes, empregamos a escala proposta por Tondello et al. (2019), utilizando a versão em Português do Brasil, cujas propriedades psicométricas foram analisadas por Santos et al. (2022). A escala é composta por 24 itens que permitem uma análise abrangente dos perfis Hexad dos participantes. Adicionalmente, seguindo as recomendações de Kung et al. (2018), inserimos uma questão de checagem de atenção para evitar a coleta de respostas de participantes que não tenham prestado a devida atenção à escala. Essa abordagem metodológica reforça a qualidade e confiabilidade dos dados obtidos na identificação dos perfis Hexad durante nosso estudo.

Para a realização do estudo, usamos a plataforma *Eagle-edu*. A plataforma é uma solução educacional que integra gamificação ao processo de ensino-aprendizagem. Concebida para envolver os alunos em um ambiente interativo e motivador, combinando elementos lúdicos com conteúdo educacional, proporcionando uma abordagem única para explorar conceitos complexos de forma prática e envolvente. Por meio de missões gamificadas e interações interativas, os alunos são incentivados a explorar, experimentar e aprender de maneira autônoma (Rodrigues et al., 2023). A plataforma visa aprimorar a retenção de conhecimento, aumentar a motivação dos estudantes e transformar a educação tradicional em uma jornada empolgante e significativa (do Nasci-

mento et al., 2022). O acesso a plataforma foi cedido gratuitamente para fins de pesquisa nesse estudo. apresentada na Figura 3.1.

O estudo foi conduzido ao longo de quatro semanas e no primeiro dia o formulário Hexad foi aplicado para categorizar os participantes de acordo com seus perfis de jogadores. Cada semana contou com três momentos distintos. Na primeira etapa de cada semana, aulas teóricas de 50 minutos foram ministradas, apresentando os conceitos de programação paralela, os slides das aulas podem ser encontrados no Apêndice A. No segundo momento, os participantes tiveram a oportunidade de acessar a plataforma *Eagle-edu* durante quatro dias para interagir com as atividades gamificadas propostas, as atividades realizadas estão agrupadas no Apêndice B. Essa etapa prática permitiu a aplicação imediata dos conceitos aprendidos nas aulas teóricas. Ao final de cada semana, a terceira etapa consistiu na realização de entrevistas individuais com os alunos, por meio das quais foram coletadas percepções qualitativas sobre a experiência de aprendizagem com a abordagem gamificada, a integra das entrevistas com os alunos estão dispostas no ???. A análise combinada dos dados qualitativos das entrevistas e dos dados quantitativos do formulário Hexad permitiu uma compreensão abrangente dos efeitos da gamificação no processo de ensino de programação paralela.

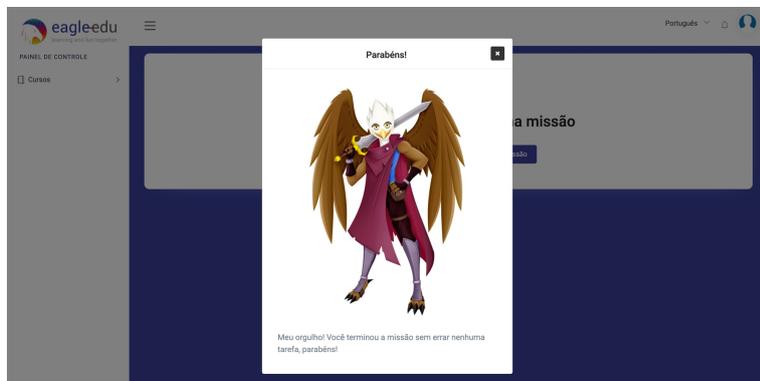
3.0.3 Participantes e coleta de dados

Os participantes deste estudo foram 15 alunos do sétimo semestre do curso de graduação em Engenharia de Software, que possuíam conhecimentos prévios em computação, embora não especificamente em programação paralela. A faixa etária dos participantes variou entre 20 e 38 anos com média de 22,6 anos e desvio padrão 4,42, a amostra foi composta majoritariamente por estudantes do sexo masculino, com apenas uma representante do sexo feminino. Essa composição de participantes permitiu considerar diferentes perfis acadêmicos e experiências prévias no contexto da programação paralela, enriquecendo a abrangência e a representatividade do estudo. Nenhum dos participantes foi removido pela questão de checagem de atenção aplicada durante a resposta do formulário Hexad.

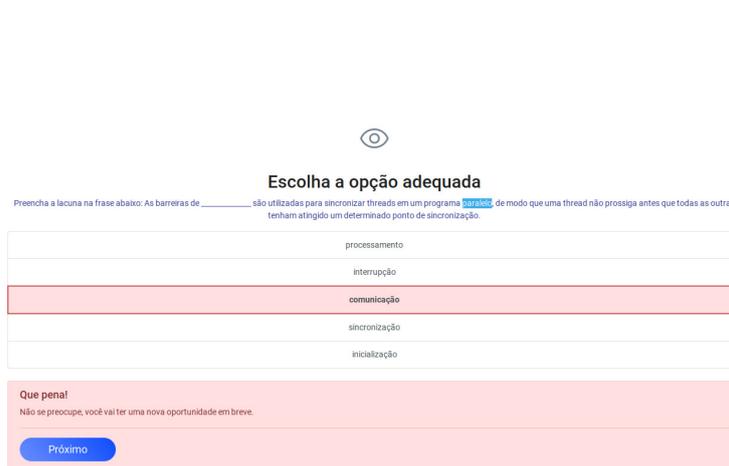
A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação do formulário Hexad (Tondello et al., 2016) na primeira semana do estudo e de entrevistas semi-estruturadas individuais semanais. As entrevistas individuais foram conduzidas ao final de cada semana de estudo, proporcionando aos participantes a oportunidade de expressar suas percepções, desafios e experiências ao utilizar a plataforma gamificada *Eagle-edu*. Essas entrevistas permitiram uma visão detalhada sobre o engajamento dos alunos, suas interações com a gamificação e a compreensão dos conceitos de programação paralela.



(a) Missão Completa e Ranking.



(b) Feedback.



(c) Completar Lacunas.



(d) Progresso do Time e Cutucar.

Figura 3.1: Telas da Plataforma Eagle-edu.

Para estruturar as entrevistas, três perguntas norteadoras foram formuladas como ponto de partida para as discussões *i) Como foi a sua experiência utilizando o sistema? ii) Você percebeu algum aspecto de jogo no sistema? iii) Se percebeu, o que você sentiu no aspecto de jogo do sistema?* A primeira questão indagava sobre a experiência geral dos alunos ao utilizar o sistema. A segunda questão explorava a percepção deles quanto aos elementos de jogo presentes no sistema. Por fim, a terceira questão investigava as emoções e sensações vivenciadas pelos alunos em relação a esses aspectos de jogo. No entanto, o formato das entrevistas permitiu a flexibilidade para aprofundar questões e explorar detalhes específicos de acordo com as respostas dos participantes. Por exemplo, se um aluno expressasse aversão a um determinado elemento, como o ranking, a entrevista poderia se estender para compreender mais profundamente as razões subjacentes a essa percepção. As entrevistas foram registradas em áudio e posteriormente transcritas para possibilitar uma análise minuciosa do conteúdo.

3.0.4 Análise dos dados

Na análise dos dados obtidos, adotamos a metodologia de análise temática (Braun and Clarke, 2006), uma abordagem qualitativa que visa identificar, agrupar e categorizar padrões e significados emergentes nos dados coletados (Braun and Clarke, 2006; Smith, 2015; Squires, 2023). Essa escolha metodológica proporcionou uma estrutura robusta para examinar cuidadosamente as respostas das entrevistas individuais, buscando identificar unidades de sentido relevantes. Esse processo de codificação meticulosa visou a organização posterior dessas unidades em categorias temáticas (Braun and Clarke, 2006), revelando padrões recorrentes e proporcionando uma compreensão mais profunda das percepções dos participantes sobre a integração da gamificação (competição e cooperação) no ensino de programação paralela.

Ao adotar essa abordagem, nosso estudo buscou realizar uma exploração sistemática das experiências dos alunos, analisando suas interações com a plataforma gamificada e os impactos percebidos em seu nível de engajamento e compreensão dos conceitos abordados. A análise temática, nesse contexto, emergiu como uma ferramenta essencial para desvendar camadas mais profundas de significado nos dados qualitativos coletados, oferecendo uma visão rica e esclarecedora sobre os efeitos da gamificação na aprendizagem de programação paralela.

Além disso, ao empregar a análise temática ao longo de quatro semanas e repetindo as entrevistas, seguimos as recomendações para garantir uma amostra suficiente e a saturação de dados (Braun and Clarke, 2016; Hennink et al., 2017). Essa abordagem temporal permitiu uma cobertura mais

abrangente das experiências dos participantes, contribuindo para a robustez e validade dos dados qualitativos obtidos durante o estudo.

3.0.5 Limitações da pesquisa

Este estudo, apesar de oferecer percepções sobre a aplicação da gamificação (competição e cooperação) no contexto do ensino de programação paralela, não está isento de limitações que merecem ser consideradas com a devida atenção. Primeiramente, é fundamental reconhecer que este trabalho se enquadra na categoria de pesquisa qualitativa. Como tal, os dados foram coletados principalmente por meio de entrevistas individuais com os alunos participantes. Entretanto, é crucial ter em mente que essa abordagem pode não ter explorado todos os aspectos e complexidades da experiência dos alunos de forma abrangente. Para mitigar essa limitação, adotamos abordagens específicas para esse tipo de estudos (*i.e.*, análise temática).

Outra limitação que merece ser mencionada é a entrevista realizada com o professor responsável pela disciplina. Embora tenha contribuído para o entendimento das dinâmicas educacionais, é importante destacar que alguns estudantes podem ter se sentido inibidos em expressar suas opiniões de maneira totalmente aberta e franca durante as entrevistas, devido à presença do professor. Isso pode ter impactado a extensão e a profundidade das percepções compartilhadas pelos alunos. Para mitigar essa limitação, o estudo ocorreu durante quatro semanas, o que tende a fazer os estudantes a se sentirem mais vontade durante as entrevistas.

Este estudo não empreendeu uma comparação direta entre os efeitos da competição e da cooperação na gamificação educacional. Embora tenhamos explorado a interação entre esses dois elementos, não podemos afirmar qual deles teve um impacto real no engajamento dos alunos. Abordagens futuras que busquem essa comparação direta podem oferecer uma visão mais profunda das nuances entre competição e cooperação como estratégias motivacionais no contexto educacional.

Em nosso estudo, buscamos explorar a percepção dos estudantes quanto ao uso de gamificação baseada em competição e cooperação. Em nosso estudo, optamos por usar ranking semanal para representar a competição e times semanais para representar a cooperação. No entanto, outros elementos também podem ser usados para representar competição e cooperação e podem ser usados em estudos futuros.

Por fim, vale ressaltar que as percepções dos alunos podem não ter alcançado a saturação completa. Em outras palavras, mesmo usando as abordagens mais adequadas para esse tipo de estudo, pode haver mais informações a serem descobertas e complexidades a serem exploradas nas experiências dos

alunos com a gamificação. Dada a complexidade da gamificação educacional, pesquisas futuras podem considerar amostras mais amplas e uma variedade de métodos de coleta de dados para aprofundar ainda mais nosso entendimento dos efeitos dessa estratégia no ensino de programação paralela.

Resultados

Nessa seção, apresentamos os resultados do estudo. Inicialmente, na Tabela 4.1, apresentamos o perfil dos Hexad dos participantes do estudo. Os resultados indicam que *i)* Há uma predominância dos perfis de Jogador (6 alunos) e Realizador (6 alunos) indicando que grande parte dos participantes é motivada por competições e realizações pessoais. *ii)* A maioria dos alunos apresenta uma diferença moderada entre o perfil de classificação mais alto e o mais baixo, o que indica uma certa diversidade de motivações, no entanto, alguns alunos têm uma diferença mais significativa entre seus perfis mais altos e mais baixos, o que pode sugerir que esses alunos têm motivações mais específicas ou polarizadas. *iii)* O perfil de Revolucionário foi identificado com maior frequência como o perfil de classificação mais baixo entre os alunos, o que sugere que a busca por mudanças radicais ou desvios do sistema educacional tradicional pode não ser uma motivação central para a maioria dos participantes.

Em seguida, as Tabelas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 apresentam os resultados da análise temática. Os resultados indicam que *i)* A percepção dos elementos de gamificação, como competição, *ranking*, *quiz* e outros, permaneceu relativamente estável ao longo das semanas de coleta de dados, sugerindo que as opiniões dos alunos sobre esses elementos não sofreram mudanças drásticas durante o período do estudo. *ii)* Os elementos de competição, como o *ranking* e a busca por estar em primeiro lugar, foram percebidos e mencionados de forma consistente pelos estudantes ao longo das semanas, indicando que a competição desempenhou um papel importante na percepção dos alunos sobre a gamificação. *iii)* Alguns elementos que não fazem parte da estrutura de gamificação do sistema, como personagens e imagens que lembram jogos

Tabela 4.1: Hexad

| Participante | Realizador | Revolucionário | Espírito Livre | Filantropo | Jogador | Socializador |
|--------------|------------|----------------|----------------|------------|-----------|--------------|
| P1 | 20 | 18 | 22 | 18 | 20 | <i>15</i> |
| P2 | 26 | 23 | 25 | 27 | 25 | 26 |
| P3 | 23 | 13 | 25 | 27 | 28 | 28 |
| P4 | 21 | 14 | 18 | 17 | 24 | <i>12</i> |
| P5 | 22 | <i>15</i> | 19 | 26 | 24 | 25 |
| P6 | 23 | 24 | 26 | <i>17</i> | 28 | 21 |
| P7 | 22 | 18 | 19 | 20 | 24 | <i>10</i> |
| P8 | 24 | 24 | 24 | <i>17</i> | 28 | 20 |
| P9 | 26 | 13 | 22 | 24 | 24 | 20 |
| P10 | 28 | 20 | 22 | 25 | <i>18</i> | 23 |
| P11 | 26 | <i>11</i> | 19 | 19 | 24 | 16 |
| P12 | 26 | 24 | <i>16</i> | 20 | 22 | 22 |
| P13 | 27 | 16 | 18 | 25 | 25 | 21 |
| P14 | 28 | 14 | 26 | 25 | 26 | 24 |
| P15 | 22 | 14 | 19 | 9 | 24 | 20 |

Key: bold (highest ranking profile); italic (lowest ranking profile).

de RPG, foram notados por alguns estudantes, demonstrando como a estética e o design da plataforma podem afetar a percepção dos alunos. *iv)* A maioria dos benefícios relatados pelos estudantes está relacionada à competição, incluindo um aumento na motivação, vontade de estudar mais e um desejo de alcançar uma classificação superior no ranking.

4.0.1 Tema 1: Elementos identificados na plataforma

Este tema significa o panorama perceptivo dos alunos em relação aos recursos gamificados integrados à plataforma educacional. Examinar as diversas facetas deste tema revela a riqueza das interações dos alunos com a gamificação. Desde o reconhecimento de elementos competitivos como *rankings* e *quizzes* até à descoberta de funcionalidades cooperativas como equipes, os alunos demonstraram uma consciência astuta do ambiente gamificado. Além disso, a identificação de personagens e funcionalidades de cutucar acentuam o envolvimento holístico neste espaço educacional gamificado. A revelação de que alguns participantes notaram as moedas como parte da gamificação, enquanto outros não perceberam nenhum aspecto relacionado ao jogo, ressalta as diversas perspectivas e experiências dentro deste domínio temático. Esta exploração serve para iluminar a intrincada tapeçaria de interpretações dos elementos gamificados pelos alunos, contribuindo com informações valiosas para uma compreensão mais ampla do papel da gamificação em contextos educacionais.

4.0.2 Tema 2: Benefícios dos elementos de jogo na plataforma

Esta exploração temática desvenda as vantagens percebidas e os resultados positivos derivados da integração de elementos gamificados no ambiente

Tabela 4.2: Análise Temática - Tema Elementos identificados na plataforma

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|---|---|--------|--|--------|---|--------|--|--------|--|
| Ranking identificado como jogo na plataforma | Achei bem interessante essa parte de ranking | 12 | P1, P2, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P11, P12, P14, P15 | 10 | P2, P5, P6, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P15 | 10 | P2, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P12, P14, P15 | 12 | P2, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15 |
| Quiz identificado como jogo na plataforma | Identifiquei o quiz, que dá pra responder o questionário que você tem que fazer as perguntas e respostas. | 6 | P3, P8, P10, P11, P12, P13 | 5 | P3, P9, P10, P12, P13 | 5 | P3, P8, P9, P12, P13 | 4 | P3, P8, P12, P13 |
| Personagens identificados como jogo na plataforma | Ah, tinha os bonequinhos | 7 | P4, P7, P9, P10, P11, P12, P14 | 5 | P5, P7, P8, P10, P15 | 3 | P6, P7, P15 | 1 | P7 |
| Times identificados como jogo na plataforma | E agora também percebi que tem as equipes | 5 | P4, P6, P7, P14, P15 | 4 | P1, P4, P5, P14 | 6 | P4, P5, P6, P7, P11, P15 | 2 | P4, P5 |
| Cutucada identificado como jogo na plataforma | Tem a opção de cutucar uns colegas | 1 | P6 | 4 | P4, P9, P11, P14 | 2 | P6, P11 | 1 | P11 |
| Moedas identificadas | Tem a questão das recompensas | 0 | | 5 | P1, P6, P7, P14, P15 | 3 | P6, P11, P15 | 7 | P1, P6, P7, P10, P11, P14, P15 |
| Não percebeu aspectos de jogo | De jogo, não percebi nenhum aspecto de jogo dentro da plataforma não | 1 | P3 | 0 | | 0 | | 0 | |

educacional. O tema abrange um espectro de benefícios que os alunos associam às suas experiências de aprendizagem gamificadas. Os participantes expressaram um sentimento geral sobre os benefícios globais da plataforma gamificada, destacando o seu impacto positivo na capacidade de aprendizagem e caracterizando-a como uma ferramenta valiosa para experiências educativas interativas. Além disso, os subtemas aprofundam aspectos específicos, como a influência motivacional das classificações, onde um elevado sentido de competição estimulou uma maior vontade de se envolver com o conteúdo. A dimensão colaborativa, evidenciada pelos benefícios das equipes, acentua a interação social promovida pela estrutura gamificada. Além disso, o impacto positivo atribuído aos personagens e ao sistema de recompensa emocional delineiam ainda mais as vantagens multifacetadas percebidas pelos alunos. Estas descobertas lançam luz sobre as formas diferenciadas pelas quais a gamificação contribui positivamente para as experiências de aprendizagem dos alunos, oferecendo informações valiosas para o refinamento e implementação de estratégias educacionais gamificadas.

4.0.3 Tema 3: Aspectos relacionados a competição

Ao explorar o tema, a nossa análise discerne várias dimensões de como a competição se manifesta dentro da plataforma educacional gamificada. O tema encapsula diversas perspectivas sobre os elementos competitivos integrados à experiência de aprendizagem. Os participantes referiram-se frequentemente à sua competitividade individual, expressando um desejo acrescido de alcançar e manter a posição de topo. Isto está alinhado com o subtema “Indivíduo competitivo”, onde os participantes foram motivados pelo desejo inerente de garantir uma posição de liderança dentro da estrutura gamificada. Os subtemas revelam ainda vários graus de realização e envolvimento com

Tabela 4.3: Análise Temática - Tema Benefícios dos elementos de jogo na plataforma

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|-------------------------------------|--|--------|---|--------|---|--------|--|--------|--|
| Benefícios da plataforma gamificada | Foi uma boa experiência. Eu acho que incrementa a capacidade de aprendizagem do aluno e é uma boa ferramenta, porque tem aquela interação de jogo. | 14 | P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P15 | 10 | P1, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P15 | 11 | P1, P4, P5, P7, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15 | 11 | P1, P2, P4, P5, P8, P10, P11, P12, P13, P14, P15 |
| Benefícios do ranking | Eu comecei a querer fazer mais com vontade, para quem é bem competitivo e acho que incentiva mais a estudar | 6 | P2, P5, P8, P12, P14, P15 | 7 | P2, P5, P6, P8, P9, P12, P15 | 8 | P2, P5, P6, P7, P8, P9, P12, P14 | 4 | P5, P12, P13, P14 |
| Benefícios dos times | Quando tem time, você pode interagir com os outros | 1 | P4 | 1 | P4 | 3 | P13, P14, P15 | 1 | P15 |
| Benefícios dos personagens | Quando você conclui alguma coisa, quando você erra alguma coisa também, a gente se sente mais à vontade | 2 | P4, P5 | 2 | P4, P7 | 0 | | 0 | |
| Benefícios de ter recompensas | Você se sente recompensado pelo que você está fazendo | 0 | | 0 | | 1 | P11 | 2 | P1, P14 |

os aspectos competitivos. Por exemplo, alguns participantes reconheceram e abraçaram distintamente a natureza competitiva, lutando ativamente por posições mais elevadas no ranking, conforme indicado no subtema “Competitividade realizada”. Por outro lado, outros descreveram um engajamento mais passivo, com desejo de boa reputação, mas sem competição intensa, conforme destacado no subtema “Foi competitivo”. Por outro lado, alguns participantes relataram falta de competitividade, seja por escolha ou percepção, apresentando um espectro matizado de atitudes em relação à concorrência. Estas descobertas fornecem uma compreensão abrangente de como a competição se manifesta no ambiente de aprendizagem gamificado, oferecendo informações valiosas para educadores e designers que procuram otimizar o impacto motivacional dos elementos competitivos na gamificação educacional.

Tabela 4.4: Análise Temática - Tema Aspectos relacionados a competição

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|------------------------------|--|--------|-------------------|--------|------------------|--------|---------------------------|--------|--|
| Indivíduo competitivo | Eu fiquei com mais vontade de ficar em primeiro lugar. | 2 | P7, P12 | 1 | P15 | 0 | | 4 | P5, P9, P13, P15 |
| Percebeu a competitividade | Tinha um ranking e a gente tinha que chegar na primeira colocação. | 4 | P9, P11, P14, P15 | 4 | P8, P9, P14, P15 | 6 | P2, P8, P9, P12, P14, P15 | 9 | P2, P5, P6, P8, P9, P10, P12, P14, P15 |
| Foi competitivo | Queria estar na maior posição, aí queria ver se alguém ia me passar. | 0 | | 0 | | 0 | | 13 | P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15 |
| Não foi competitivo | Eu acompanhei mais ou menos. Não fui muito afimco | 0 | | 0 | | 0 | | 2 | P1, P6 |
| Não percebeu competitividade | Não foi tão competitivo, foi um negócio mais didático | 3 | P1, P6, P11 | 1 | P11 | 0 | | 0 | |

4.0.4 Tema 4: Aspectos relacionados a cooperação

A exploração do tema lança luz sobre as diversas dimensões das experiências colaborativas dentro da plataforma educacional gamificada. Uma observação chave, destacada pelo subtema “Percebi que as equipes mudam a cada

semana”, indica uma estrutura de equipe dinâmica, promovendo adaptabilidade e diversas interações colaborativas. Os participantes manifestaram consciência da fluidez na composição da equipe, reconhecendo a necessidade de colaborar com diferentes pares ao longo de semanas sucessivas. Além disso, os participantes reconheceram e se engajaram em esforços cooperativos, como exemplificado pelo subtema “Cooperação concretizada”. A natureza colaborativa das interações em equipe emergiu como um aspecto notável, ressaltando a importância do trabalho em equipe no ambiente gamificado. Adicionalmente, o tema engloba variações no grau de colaboração, conforme indicado pelos subtemas “Foi colaborativo” e “Não foi colaborativo”. Alguns participantes envolveram-se ativamente em atividades colaborativas, como cutucar colegas de equipe para melhorar o desempenho do grupo, enquanto outros relataram uma falta de necessidade percebida de colaboração. Estas percepções diferenciadas sobre a dinâmica cooperativa contribuem com perspectivas valiosas para educadores e designers que visam otimizar elementos colaborativos em ambientes de aprendizagem gamificados, melhorando tanto o envolvimento como a experiência geral de aprendizagem.

Tabela 4.5: Análise Temática - Tema Aspectos relacionados a cooperação

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|---|--|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---|
| Percebeu que os times mudam a cada semana | Eu percebi que a cada semana eu vou ser adicionado dentro de um time diferente | 0 | | 1 | P5 | 2 | P1, P13 | 0 | |
| Percebeu a cooperação | A parte de trabalho em equipe | 0 | | 1 | P14 | 0 | | 1 | P6 |
| Foi colaborativo | Eu cutucava porque eu queria que o nosso grupo ficasse melhor | 0 | | 0 | | 0 | | 11 | P3, P4, P5, P6, P7, P8, P10, P11, P12, P14, P15 |
| Não foi colaborativo | Não vi necessidade de cutucar | 0 | | 0 | | 0 | | 4 | P1, P2, P9, P13 |

4.0.5 Tema 5: Aspectos não relacionados a gamificação

O tema revela informações sobre elementos da plataforma educacional que vão além dos recursos gamificados, mas que ainda contribuem para a experiência geral de aprendizagem. Notadamente, os participantes manifestaram considerações quanto à construção das questões, enfatizando preocupações com aspectos negativos, como a referenciação nas respostas. Esta observação, destacada pelo subtema “Aspectos negativos da construção de perguntas”, aponta para a importância de refinar o desenho das perguntas para um envolvimento ideal dos alunos. Adicionalmente, o tema engloba reflexões sobre a disponibilização de conteúdos para revisão, conforme indica o subtema “Importância de disponibilizar o conteúdo para redefinição”. Os participantes reconheceram o valor da acessibilidade dos conteúdos, especialmente no contexto da revisão de materiais para reforçar a aprendizagem. Além disso, os participantes abordaram aspectos relacionados à usabilidade da pla-

taforma, exemplificados pelo subtema “Aspectos negativos da usabilidade da plataforma”. O *feedback* sobre a clareza e facilidade de uso da plataforma fornece uma percepção para melhorar a experiência do usuário. Curiosamente, os participantes também fizeram conexões entre elementos visuais da plataforma e jogos de RPG, sugerindo uma perspectiva única capturada pelo subtema “Os elementos visuais da plataforma lembram jogos de RPG”. Estas diversas considerações oferecem uma visão abrangente das experiências dos participantes, orientando educadores e designers de plataformas na abordagem de aspectos que influenciam a aprendizagem para além do domínio da gamificação.

Tabela 4.6: Análise Temática - Tema Aspectos não relacionados a gamificação

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|--|---|--------|---------------------|--------|------------------------------------|--------|---------------|--------|---------------|
| Aspectos negativos da construção das perguntas | A única coisa que eu não achei muito interessante na construção da pergunta tinha referência na resposta | 1 | P1 | 0 | | 0 | | 0 | |
| Importancia de disponibilizar o conteúdo para reassistir | Ajudou pra caramba em questão de não lembrar da alternativa correta, ver o vídeo novamente e conseguimos desenrolar aí. | 0 | | 1 | P7 | 1 | P7 | 1 | P7 |
| Aspectos negativos de usabilidade da plataforma | Eu fiquei um pouco confuso em relação a algumas pontuações | 5 | P2, P5, P6, P8, P13 | 8 | P1, P5, P6, P8, P11, P12, P13, P15 | 3 | P2, P5, P11 | 1 | P3 |
| Os elementos visuais da plataforma lembram jogos de RPG | As imagens que usaram lá deu uma sensação de RPG. | 2 | P3, P12 | 0 | | 1 | P12 | 3 | P5, P6, P12 |

4.0.6 Tema 6: Aspectos relacionados as missões e atividades

Este tema investiga elementos associados à estrutura e progressão das tarefas dentro da plataforma educacional, esclarecendo fatores que influenciam o envolvimento dos alunos. Um aspecto significativo destacado pelos participantes é a divisão do conteúdo em missões e módulos, delineada pelo subtema “Divisão em missões e módulos”. Esta estrutura organizacional, caracterizada por atividades separadas apresentadas em blocos, é percebida como potenciadora da motivação e interatividade. Além disso, os participantes reconheceram a dificuldade gradual das questões, articulada por meio do subtema “Dificuldade gradual das questões”. Esta observação sugere que o nível de desafio adaptativo da plataforma, com as questões tornando-se progressivamente mais difíceis, o que promove um sentimento de necessidade de compreensão aprofundada entre os alunos. A incorporação de tais elementos no desenho de missões e atividades demonstra a eficácia da plataforma em promover um ambiente de aprendizagem dinâmico e envolvente, incentivando os alunos a se aprofundarem no conteúdo à medida que avançam.

Tabela 4.7: Análise Temática - Tema Aspectos relacionados as missões e atividades

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|-------------------------------------|---|--------|---------------|--------|---------------|--------|------------------|--------|---------------|
| Divisão em missões e módulos | As atividades separadas em bloquinhos assim fazem a gente ter mais vontade de fazer, e é bem interativo. | 3 | P1, P4, P6 | 3 | P4, P5, P10 | 4 | P1, P4, P10, P15 | 3 | P4, P5, P15 |
| Dificuldade gradativa das perguntas | Então, hoje eu senti uma necessidade de entrar bem a fundo no conteúdo, por causa das perguntas, que hoje estavam um pouco mais difíceis. | 1 | P1 | 1 | P13 | 3 | P4, P5, P6 | 1 | P13 |

4.0.7 Tema 7: Falta de conhecimento sobre o funcionamento de elementos na plataforma

Este tema encapsula as perspectivas dos participantes sobre determinados recursos cujas funcionalidades permanecem obscuras para eles, introduzindo uma dimensão intrigante à experiência geral do usuário. O subtema “Ignorância sobre o funcionamento do ranking” reflete o reconhecimento dos participantes sobre o impacto motivacional do ranking, mesmo na ausência de uma compreensão completa do seu funcionamento. Isto sugere que, embora as especificidades do sistema de classificação possam escapar a alguns utilizadores, a sua presença ainda contribui positivamente para o seu envolvimento. Da mesma forma, o subtema “Ignorância sobre o funcionamento das moedas” ressalta uma lacuna na compreensão dos participantes sobre a finalidade da moeda virtual da plataforma. Apesar desta falta de clareza, os participantes interagem com o sistema de moedas, enfatizando o potencial para melhorar a orientação do utilizador e a comunicação sobre os vários elementos da plataforma. O envolvimento dos participantes com estes elementos, apesar da compreensão limitada, estimula uma investigação mais aprofundada sobre a comunicação ideal dos recursos gamificados nas plataformas educacionais.

Tabela 4.8: Análise Temática - Tema Falta de conhecimento sobre o funcionamento de elementos na plataforma

| Subtema | Exemplo | Sem. 1 | Participantes | Sem. 2 | Participantes | Sem. 3 | Participantes | Sem. 4 | Participantes |
|--|---|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| Desconhecimento sobre o funcionamento do ranking | Você se sente recompensado pelo que você está fazendo, mesmo que você não entenda como que o ranking funciona | 3 | P1, P2, P4 | 0 | | 0 | | 3 | P1, P2, P4 |
| Desconhecimento sobre o funcionamento das moedas | Eu não sei ainda pra que que serve exatamente | 0 | | 1 | P6 | 0 | | 0 | |

Em resumo, os resultados indicam que a percepção dos elementos de gamificação permaneceu estável ao longo das semanas do estudo, com ênfase na competição, representada pelo ranking e busca por posições elevadas. Predominantemente, os alunos se enquadram nos perfis de Jogador e Realizador,

evidenciando que a motivação pela competição e realização pessoal é predominante, embora alguns apresentem motivações mais específicas. O perfil de Revolucionário, associado a mudanças radicais, foi mais frequentemente identificado como o perfil de classificação mais baixo, sugerindo que a busca por transformações profundas no sistema educacional não é a principal motivação da maioria dos participantes. Esses resultados destacam a importância da competição e realização pessoal em contextos educacionais gamificados.

Discussões

Atualmente, a integração da gamificação no ambiente educacional tem recebido considerável atenção de pesquisadores e educadores, impulsionada pelo potencial de aprimorar a motivação e o engajamento dos alunos. Este estudo se propôs a investigar como os alunos percebem e interagem com elementos de gamificação em uma plataforma de ensino online. Nesta seção, examinaremos as percepções dos estudantes sobre a competição, cooperação e outros elementos de jogos, bem como a relação entre esses elementos e os perfis motivacionais dos participantes.

A análise das respostas dos alunos ao longo das semanas revela uma consistência em suas percepções em relação aos elementos de gamificação e à plataforma (ver Tabela 4.2 e Tabela 4.3). Embora tenham ocorrido algumas flutuações individuais, as percepções gerais dos alunos sobre os elementos de competição, cooperação e outros elementos lúdicos permaneceram estáveis durante as quatro semanas. Isso sugere que a introdução da gamificação no ambiente educacional pode levar a uma estabilidade no engajamento dos alunos, à medida que eles se adaptam e internalizam os aspectos do jogo em sua experiência de aprendizado. No entanto, também pode significar que os elementos ranking e times (semanais) podem não ser suficientes para representar a noção de competição e cooperação.

Os alunos demonstraram uma compreensão dos elementos de competição e cooperação incorporados à plataforma gamificada (*i.e.*, identificaram os elementos na plataforma). No entanto, pode-se observar que o elemento de competição, destacado com o ranking, foi percebido de forma mais proeminente do que o elemento de cooperação, representado pelos times. Entre 10 a 12 alunos identificaram o ranking durante as semanas, enquanto, os times foram iden-

tificados por 2 a 5 alunos (ver Tabela 4.2). Essa distinção ressalta a natureza motivadora da competição e a capacidade dos alunos de identificar e responder a essa dinâmica. Além disso, a observação do elemento de cooperação sugere que há espaço para aprimorar a percepção e o impacto desse aspecto da gamificação. Relacionando essas percepções com os resultados do perfil Hexad, a predominância dos perfis de Jogador e Realizador entre os participantes pode explicar em parte essa ênfase na competição, dada a inclinação desses perfis para desafios e conquistas individuais (ver Tabela 4.1).

Além dos elementos de gamificação integrados ao sistema (*i.e.*, competição e cooperação), alguns alunos mencionaram, especialmente nas primeiras semanas, a percepção de elementos lúdicos adicionais, como personagens, que não fazem parte da estrutura de gamificação da plataforma. Entretanto, à medida que as semanas avançaram essa percepção diminuiu (identificação de personagem 7, 5, 3, 1 ver Tabela 4.2), direcionando a atenção dos estudantes para os elementos centrais da gamificação, como competição e cooperação. Esse fenômeno revela a capacidade dos alunos de discernir elementos de jogo além dos previstos no ambiente gamificado, mas também destaca a importância de manter o foco nos aspectos que realmente impactam a experiência de aprendizado, como a motivação proporcionada pela competição e a colaboração facilitada pela cooperação. Essa percepção pode ter implicações significativas para o design de ambientes de aprendizado gamificados, uma vez que os estudantes podem atribuir valor aos aspectos visuais e estéticos que não representam a gamificação, mas que, com o tempo, podem ceder lugar à apreciação dos benefícios mais substanciais da gamificação.

A percepção dos elementos de jogo evoluiu ao longo do tempo. Inicialmente, apenas um aluno (P3 ver Tabela 4.2) relatou não perceber nenhum elemento de jogo na plataforma na primeira semana. No entanto, nas semanas subsequentes, esse mesmo aluno começou a perceber esses elementos. Essa adaptação progressiva dos estudantes ao ambiente gamificado pode indicar uma maior conscientização e imersão gradual nos aspectos do jogo. Esse processo de adaptação sugere que os ambientes gamificados podem necessitar de um período inicial para que os alunos se acostumem e internalizem os elementos de jogo.

Os alunos compartilharam uma série de benefícios relacionados à competição ao longo das semanas de estudo. Eles mencionaram que a competição os motivou a se esforçar mais, a buscar posições mais altas no ranking e a se superarem continuamente. Esses relatos destacam a influência positiva desse elemento de gamificação em particular no engajamento dos alunos. Essa motivação competitiva pode ser uma peça fundamental no quebra-cabeça do design de ambientes de aprendizado gamificados, pois impulsiona o desejo de

alcançar um desempenho acadêmico cada vez melhor.

Enquanto a maioria dos alunos perceberam e valorizaram a competição, alguns inicialmente estiveram indiferentes a ela, mas, ao longo do tempo, passaram a ver seus benefícios (*i.e.*, os alunos P1, P6 e P11 não perceberam a competitividade nas primeiras semanas ver Tabela 4.4). Isso sugere que a gamificação pode alterar as atitudes dos estudantes em relação à competição, transformando-a de um elemento neutro em um motivador.

Os benefícios relatados pelos estudantes, como o aumento do engajamento e a sensação de recompensa (tema benefícios dos elementos de jogo na plataforma ver Tabela 4.3), apontam para a presença de fatores de motivação intrínseca dentro do ambiente gamificado (*i.e.*, ranking, times, recompensas). Isso significa que os alunos encontraram valor no processo de aprendizagem em si, independentemente de recompensas externas, indicando que a gamificação pode estimular a motivação interna dos estudantes.

Alguns estudantes (P1, P4, P5, P6 e P13 vide Tabela 4.7) mencionaram que a dificuldade das perguntas aumentou gradualmente ao longo do tempo. Isso reflete uma estratégia do professor, que planejou a progressão do desafio para acompanhar a natureza do tópico abordado, a programação paralela. Esse aumento gradual na complexidade das questões, alinhado com o conteúdo do curso, incentivou um aprofundamento progressivo no conhecimento, proporcionando uma experiência de aprendizado significativa e adaptada ao ritmo de cada aluno. Portanto, a plataforma gamificada demonstrou eficácia ao permitir essa adaptação da dificuldade, ressaltando sua capacidade de personalização e engajamento no processo de ensino e aprendizagem.

Embora tenhamos observado tendências gerais nas percepções dos estudantes, é importante ressaltar as variações individuais significativas que emergiram durante o estudo. Entre os participantes, alguns demonstraram uma preferência mais marcante pela competição, como evidenciado pelos relatos de maior motivação para alcançar classificações superiores no ranking (P9, P14, P15 vide Tabela 4.4). Por outro lado, outros participantes destacaram a cooperação como um elemento valioso da experiência gamificada, enfatizando a importância de interagir com os colegas para melhorar o desempenho no ambiente de aprendizado (P6 e P14 vide Tabela 4.5). No entanto, é relevante notar que um mesmo participante pode reconhecer a importância de ambos (P14 vide Tabela 4.4 e Tabela 4.5). Essas variações indicam que a gamificação pode influenciar os estudantes de maneiras diversas, alinhando-se às suas preferências e motivações individuais, e sublinham a importância de considerar essas diferenças ao projetar estratégias de ensino gamificado.

Os relatos dos estudantes indicam que a gamificação teve um impacto geralmente positivo em sua aprendizagem. Eles sentiram que estavam mais en-

volvidos, motivados e capazes de reter melhor o conhecimento. Esses resultados indicam que a gamificação pode ser uma abordagem eficaz para melhorar a qualidade da educação em tópicos complexos, como programação paralela.

Alguns alunos mencionaram a importância do feedback na plataforma (*i.e.* o aluno P5 em sua primeira semana disse que "no final de cada missão, a gente recebia um feedback legal"), sugerindo que o elemento de avaliação e correção é crucial para sua experiência de aprendizado. Isso destaca a importância de fornecer feedback oportuno e construtivo em ambientes gamificados para maximizar seu potencial educacional.

5.1 Implicações práticas

As conclusões deste estudo trazem várias implicações práticas para a implementação eficaz de estratégias de gamificação na Educação em Ciência da Computação.

A maioria dos participantes do nosso estudo possui traços elevados de Jogadores e/ou Realizadores. Esses perfis são mais direcionados à competição. Os resultados demonstram que a competição foi percebida de forma mais positiva pelos participantes. Este resultado destaca a importância de promover estratégias que enfatizem a competição e as conquistas, como rankings e recompensas. Assim, compreender os tipos de usuários predominantes em uma turma pode ajudar os instrutores a personalizar sua abordagem de gamificação para maximizar a motivação e a participação dos alunos.

Embora a competição tenha sido percebida de forma mais proeminente pelos alunos, é essencial encontrar um equilíbrio entre os elementos de competição e cooperação num ambiente de aprendizagem gamificado. Os educadores devem incentivar a colaboração integrando desafios ou tarefas cooperativas juntamente com elementos competitivos. Este equilíbrio pode atender a uma gama mais ampla de preferências dos alunos e promover um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e favorável.

A observação de que as percepções dos alunos sobre competição e cooperação permaneceram relativamente estáveis ao longo da duração do estudo destaca a importância do monitoramento e adaptação contínuos na educação gamificada. Os instrutores devem avaliar regularmente o *feedback* dos alunos e ajustar os elementos de gamificação de acordo para manter o envolvimento e a motivação ao longo do curso. A flexibilidade e a capacidade de resposta às preferências dos alunos são fundamentais para o sucesso a longo prazo das estratégias de gamificação.

A descoberta de que alguns alunos perceberam elementos de gamificação, como personagens, que não foram integrados intencionalmente no design do

sistema, sublinha a necessidade de flexibilidade e exploração na implementação da gamificação. Os educadores devem permanecer abertos a interpretações inesperadas e adaptar a sua abordagem com base no *feedback* dos alunos. Esta descoberta também sugere o potencial para a criatividade no design de gamificação, onde elementos inesperados podem aumentar o envolvimento e o satisfação. Ao mesmo tempo, chamam a atenção para a importância do planejamento do design de gamificação dos sistemas.

Concluindo, estas implicações práticas oferecem orientação para educadores que buscam implementar a gamificação na Educação em Ciência da Computação. Ao adaptar as estratégias de gamificação aos perfis dos alunos, equilibrando a competição e a cooperação, mantendo a flexibilidade no design e abraçando elementos inesperados, os instrutores podem criar um ambiente de aprendizagem dinâmico e envolvente que atenda a uma gama diversificada de preferências dos alunos e maximize os benefícios da gamificação na educação.

Considerações Finais

Este estudo proporcionou uma análise abrangente das percepções dos estudantes em relação aos elementos de gamificação em um ambiente de ensino online, estabelecendo uma conexão vital com seus perfis motivacionais. Os resultados destacam a influência significativa da gamificação na motivação e engajamento dos estudantes, especialmente quando se consideram elementos como competição e cooperação. A estabilidade observada nas percepções ao longo do tempo sugere que a gamificação pode não apenas iniciar, mas também manter um ambiente de aprendizado consistente e envolvente.

Os resultados deste estudo reforçam a gamificação como uma ferramenta poderosa para motivar e envolver os alunos, alinhando-se às suas preferências e motivações individuais. A predominância de perfis de Jogador e Realizador destaca a eficácia de estratégias gamificadas que incorporam elementos de competição e desafio pessoal. Essa compreensão é crucial para o design efetivo de ambientes educacionais online, visando otimizar a participação e o desempenho dos alunos.

A observação da consistência nas percepções dos alunos ao longo do tempo sugere que a gamificação pode estabelecer uma base sólida e duradoura para o envolvimento dos alunos. Esse aspecto é crucial para a criação de experiências educacionais coesas e contínuas, contribuindo para um ambiente de aprendizado que transcende as barreiras temporais.

Como próximos passos, sugerimos uma investigação mais aprofundada sobre a personalização das abordagens de gamificação para atender às necessidades individuais dos alunos. Explorar o potencial de outros elementos de jogo, além de competição e cooperação, pode enriquecer ainda mais a compreensão de como a gamificação pode ser adaptada de maneira eficaz. Além

disso, avaliações contínuas dos impactos da gamificação em diferentes contextos educacionais são essenciais para informar futuras implementações e refinamentos de estratégias gamificadas.

Os resultados desta pesquisa têm o potencial de contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes e motivadoras. Ao alavancar os princípios da gamificação, é possível criar ambientes de aprendizado que inspiram, desafiam e, ao mesmo tempo, atendem às diversas motivações dos alunos. Essa abordagem pode ser um catalisador para a transformação da educação, tornando-a mais envolvente e adaptada às expectativas e preferências da geração contemporânea de estudantes.

Em conclusão, este estudo destaca a importância da gamificação como uma ferramenta estratégica na promoção da motivação e engajamento dos alunos. As informações obtidas não apenas consolidam a relevância da gamificação no cenário educacional atual, mas também apontam para uma direção promissora de desenvolvimento futuro. Ao continuar a explorar e refinar abordagens gamificadas, a educação tem o potencial de evoluir para uma experiência mais personalizada, interativa e impactante, alinhada às expectativas em constante mudança dos aprendizes modernos.

Referências Bibliográficas

- Ahmad, A., Zeshan, F., Khan, M. S., Marriam, R., Ali, A., e Samreen, A. (2020). The impact of gamification on learning outcomes of computer science majors. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 20(2):1–25. Citado nas páginas 1, 7, e 9.
- Arufe Giráldez, V., Sanmiguel-Rodríguez, A., Ramos Álvarez, O., e Navarro-Patón, R. (2022). Can gamification influence the academic performance of students? *Sustainability*, 14(9):5115. Citado na página 8.
- Braun, V. e Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2):77–101. Citado na página 19.
- Braun, V. e Clarke, V. (2016). (mis) conceptualising themes, thematic analysis, and other problems with fugard and potts’(2015) sample-size tool for thematic analysis. *International Journal of social research methodology*, 19(6):739–743. Citado na página 19.
- Carreño-León, M. A., Sandoval-Bringas, J. A., Rodríguez, F. Á., e Camacho-Gonzalez, Y. (2018). Gamification technique for teaching programming. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 2009–2014. Citado nas páginas 11 e 13.
- Conte, D. J., de Souza, P. S. L., Martins, G., e Bruschi, S. M. (2020). Teaching parallel programming for beginners in computer science. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–9. Citado nas páginas 5, 6, e 7.
- Costa, J. M. (2023). Using game concepts to improve programming learning: A multi-level meta-analysis. *Computer Applications in Engineering Education*. Citado na página 8.
- Danelutto, M. e Torquati, M. (2018). Increasing efficiency in parallel programming teaching. In *2018 26th Euromicro International Conference on Parallel,*

- Distributed and Network-based Processing (PDP)*, páginas 306–310. Citado nas páginas 5, 6, e 8.
- Diamond, L., Tondello, G. F., Marczewski, A., Nacke, L. E., e Tscheligi, M. (2015). The hexad gamification user types questionnaire: Background and development process. In *CHI PLAY 2015-The ACM SIGCHI Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*. Citado nas páginas 8 e 16.
- do Nascimento, I. M., do Amaral Neto, J. R., da Silva Junior, L. O., de Lima Costa, T. K., e Oliveira, W. (2022). Os efeitos da gamificação personalizada na experiência de ensino e aprendizagem durante o ensino remoto emergencial. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 30:210–236. Citado na página 16.
- Figueiredo, J. (2020). Increasing student motivation in computer programming with gamification. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 997–1000. Citado nas páginas 1 e 7.
- Fresno, J., Ortega-Arranz, H., Ortega-Arranz, A., Gonzalez-Escribano, A., e Llanos, D. R. (2018). Applying gamification in a parallel programming course. In *Gamification in Education: Breakthroughs in Research and Practice*, páginas 278–302. IGI Global. Citado nas páginas 6, 7, 10, 11, e 13.
- Hamari, J. (2019). *Gamification*, chapter Gamification, páginas 1–3. The Blackwell Encyclopedia of Sociology. Citado nas páginas 1, 7, e 9.
- Hardasmal, A. J. T. e Salguero, A. G. (2020). Teaching parallelism with gamification in cellular automaton environments. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(1):34–42. Citado nas páginas 1, 5, 10, 11, e 13.
- Hennink, M. M., Kaiser, B. N., e Marconi, V. C. (2017). Code saturation versus meaning saturation: how many interviews are enough? *Qualitative health research*, 27(4):591–608. Citado na página 19.
- Khaitova, N. F. (2021). History of gamification and its role in the educational process. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(5):212–216. Citado na página 7.
- Koivisto, J. e Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*, 45:191–210. Citado nas páginas 1 e 8.
- Kung, F. Y., Kwok, N., e Brown, D. J. (2018). Are attention check questions a threat to scale validity? *Applied Psychology*, 67(2):264–283. Citado na página 16.

- Manzano-León, A., Aguilar-Parra, J. M., Rodríguez-Moreno, J., e Ortiz-Colón, A. M. (2022). Gamification in initial teacher training to promote inclusive practices: a qualitative study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13):8000. Citado nas páginas 8, 9, e 10.
- Manzano-León, A. (2021). Between level up and game over: A systematic literature review of gamification in education. *Sustainability*. Citado na página 10.
- Matthews, S. J. (2020). Pdcunplugged: A free repository of unplugged parallel distributed computing activities. In *2020 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW)*, páginas 284–291. IEEE. Citado nas páginas 1 e 6.
- Oliveira, W., Hamari, J., Joaquim, S., Toda, A. M., Palomino, P. T., Vassileva, J., e Isotani, S. (2022). The effects of personalized gamification on students' flow experience, motivation, and enjoyment. *Smart Learning Environments*, 9(1):16. Citado na página 8.
- Palová, D. e Vejacka, M. (2022). Implementation of gamification principles into higher education. *European Journal of Educational Research*, 11(2):763–779. Citado nas páginas 2 e 7.
- Pham, A. T. V., Kieu, N. V., e Vu, T. T. T. (2022). How gamification enhances student motivation in online courses. In *Proceedings of the 6th International Conference on Digital Technology in Education*, páginas 60–65. Citado nas páginas 2 e 10.
- Rodrigues, L., Palomino, P. T., Toda, A. M., Klock, A. C., Pessoa, M., Pereira, F. D., Oliveira, E. H., Oliveira, D. F., Cristea, A. I., Gasparini, I., et al. (2023). How personalization affects motivation in gamified review assessments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, páginas 1–38. Citado nas páginas 9 e 16.
- Rodrigues, L., Pereira, F., Toda, A., Palomino, P., Oliveira, W., Pessoa, M., Carvalho, L., Oliveira, D., Oliveira, E., Cristea, A., et al. (2022). *are they learning or playing? moderator conditions of gamification's success in programming classrooms. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 22(3):1–27. Citado nas páginas 2 e 9.
- Santos, A. C. G., Oliveira, W., Altmeyer, M., Hamari, J., e Isotani, S. (2022). Psychometric investigation of the gamification hexad user types scale in brazilian portuguese. *Scientific Reports*, 12(1):4920. Citado na página 16.

- Schulz, S., Berndt, S., e Hawlitschek, A. (2023). Exploring students' and lecturers' views on collaboration and cooperation in computer science courses-a qualitative analysis. *Computer Science Education*, 33(3):318–341. Citado nas páginas 12 e 13.
- Smith, J. A. (2015). Qualitative psychology: A practical guide to research methods. *Qualitative psychology*, páginas 1–312. Citado na página 19.
- Soboleva, E. V., Suvorova, T. N., Grinshkun, A. V., e Bocharov, M. I. (2021). Applying gamification in learning the basics of algorithmization and programming to improve the quality of students' educational results. *European Journal of Contemporary Education*, 10(4):987–1002. Citado na página 10.
- Squires, V. (2023). Thematic analysis. In *Varieties of Qualitative Research Methods: Selected Contextual Perspectives*, páginas 463–468. Springer. Citado na página 19.
- Svanberg, M. e Bergh, D. (2023). Effects of gamification in a teacher education program, 2010 to 2020. *SAGE Open*, 13(1):21582440231160995. Citado nas páginas 1, 7, e 8.
- Tondello, G. F., Mora, A., Marczewski, A., e Nacke, L. E. (2019). Empirical validation of the gamification user types hexad scale in english and spanish. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127:95–111. Citado na página 16.
- Tondello, G. F., Wehbe, R. R., Diamond, L., Busch, M., Marczewski, A., e Nacke, L. E. (2016). The gamification user types hexad scale. In *Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play*, páginas 229–243. Citado nas páginas 8, 16, e 17.
- Winanti, W., Abbas, B. S., Suparta, W., Heryadi, Y., e Gaol, F. L. (2021). Gamification framework for programming course in higher education. *Journal of Games, Game Art, and Gamification*. Citado nas páginas 11, 12, e 13.
- Younis, A. A., Sunderraman, R., Metzler, M., e Bourgeois, A. G. (2021). Developing parallel programming and soft skills: A project based learning approach. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 158:151–163. Citado nas páginas 1, 2, 5, 9, e 10.

APÊNDICE

A

Aulas

Introdução à Programação Paralela

Felipe Pereira Perez

Sumário

- Definição de programação paralela
- Vantagens e desvantagens da programação paralela
- Modelos de programação paralela

Definição de programação paralela

"O paralelismo refere-se à capacidade de um sistema executar várias tarefas simultaneamente, aproveitando a existência de múltiplos recursos de processamento."

TANENBAUM, Andrew S.; VAN STEEN, Maarten. **Sistemas Distribuídos: princípios e paradigmas**. São Paulo: Pearson, 2007. p. 34.

Definição de programação paralela

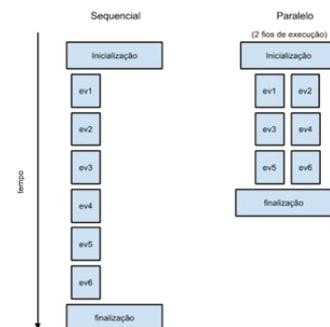


Definição de programação paralela

"Enquanto a programação sequencial executa uma instrução após a outra, a programação paralela divide o problema em partes menores, que são executadas simultaneamente em diferentes processadores, acelerando a resolução do problema."

GONÇALVES, Marcos. **Introdução à Programação Paralela**. Editora Bookman, 2014.

Definição de programação paralela



Vantagens da programação paralela

- Redução no tempo de processamento

"A programação paralela pode reduzir significativamente o tempo de processamento de um programa, pois permite que várias tarefas sejam executadas simultaneamente em diferentes processadores ou núcleos de processamento."

Fernandes, M., & Silva, R. (2017). **Introdução à programação paralela**. Novatec Editora.

Vantagens da programação paralela

- Aumento do desempenho e eficiência do sistema

"O uso de programação paralela pode aumentar significativamente o desempenho e a eficiência do sistema, pois permite que várias tarefas sejam executadas simultaneamente, reduzindo o tempo de processamento e **melhorando a utilização dos recursos disponíveis.**"

Gram, A., Kumar, V., Gupta, A., & Karypis, G. (2003). **Introduction to parallel computing**. Pearson Education.

Vantagens da programação paralela

- Possibilidade de lidar com problemas complexos

"A programação paralela oferece a possibilidade de lidar com problemas complexos que seriam impossíveis de resolver com a programação sequencial"

EL-REDAI, M., SAID, E., & ABDEL-HAMID, A. (2021). **Design and Implementation of a Parallel Algorithm for Hyper-heuristics**. *International Journal of Parallel Programming*, 49(4), 902-920.

Desvantagens da programação paralela

- Dificuldade de programação e depuração

"Embora a programação paralela possa **melhorar significativamente o desempenho** de sistemas computacionais, ela apresenta **desafios significativos na programação e depuração**, devido à necessidade de coordenação entre processos e à dificuldade de identificar e corrigir erros devido à natureza não determinística do paralelismo"

Pacheco, P. S. (2011). **Parallel programming with MPI**. Elsevier Inc.

Desvantagens da programação paralela

- Problemas de sincronização e comunicação

"Controlar a simultaneidade, garantindo que as threads operem com dados compartilhados sem interferir umas nas outras, é um dos problemas mais desafiadores da programação paralela."

Quinn, M. J. (2019). **Parallel programming in C++: Practical multicore and GPU programming** (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

Desvantagens da programação paralela

- Custo elevado de hardware

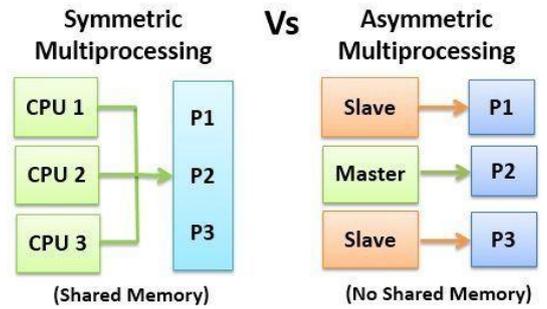
"O **alto custo do hardware** de paralelismo é outra desvantagem da programação paralela, especialmente para sistemas massivamente paralelos. É importante que o hardware seja construído com a capacidade de atender a todas as demandas de processamento para garantir um desempenho adequado"

Gupta, A. (2018). **Parallel programming with Python**. Packt Publishing Ltd.

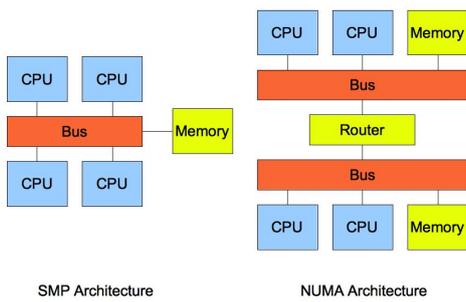
Modelos de programação paralela

- Memória compartilhada
- Memória distribuída

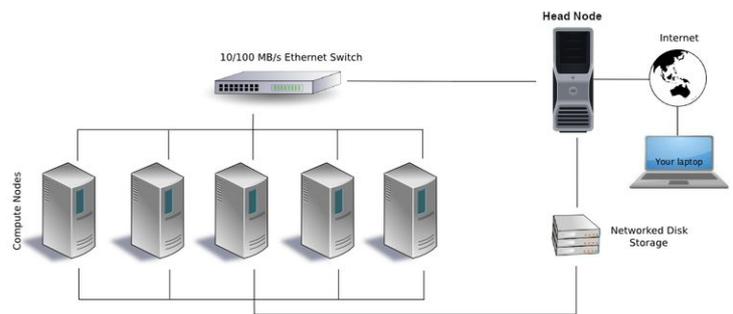
Modelos de programação paralela - Memória compartilhada



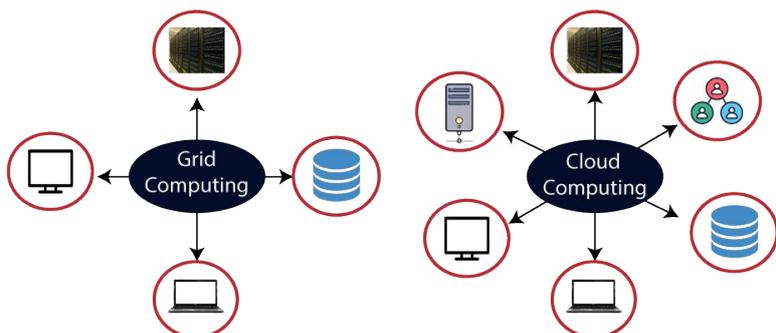
Modelos de programação paralela - Memória compartilhada



Modelos de programação paralela - Memória distribuída



Modelos de programação paralela - Memória distribuída



Sincronização em programação paralela

Felipe Pereira Perez

Sumário

- Problemas de concorrência
- Técnicas de sincronização
- Semáforos
- Mutex
- Variáveis de condição
- Implementação de barreiras de sincronização

Problemas de concorrência

"O problema de concorrência surge em sistemas paralelos quando dois ou mais processos ou threads tentam acessar o mesmo recurso compartilhado simultaneamente, podendo resultar em erros ou comportamentos inesperados"

LEE, J. W. **Advanced Parallel and Distributed Computing: Evaluation, Applications and Technologies**. Cham: Springer, 2017.

Problemas de concorrência

- Condição de corrida

"A condição de corrida ocorre quando múltiplos processos ou threads tentam acessar um recurso compartilhado simultaneamente sem uma sincronização adequada, podendo resultar em inconsistências e erros no processamento"

SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. **Operating system concepts**. 9th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.

Problemas de concorrência

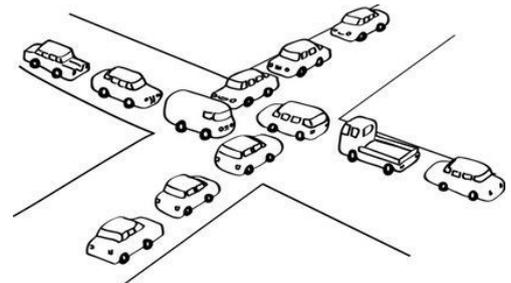
- Deadlock

"Deadlock é uma situação em que duas ou mais tarefas paralelas ficam bloqueadas, aguardando recursos que só podem ser liberados por outras tarefas bloqueadas, sem que nenhuma delas possa avançar, resultando em um impasse"

Liu, C. L., & Layland, J. W. (1973). **Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time environment**. *Journal of the ACM (JACM)*, 20(1), 46–61.

Problemas de concorrência

- Deadlock



Problemas de concorrência

- Inanição

"Em sistemas concorrentes, a inanição (starvation) ocorre quando um ou mais processos são impedidos de fazer progresso pela falta de acesso a recursos necessários para executar suas tarefas. A inanição é um problema comum em ambientes de programação paralela e pode ser desencadeada por vários fatores, incluindo competição por recursos limitados, prioridades de escalonamento inadequadas ou algoritmos de sincronização mal projetados."

Rashid, M. A. (1994). *Distributed systems: principles and paradigms*. Prentice Hall.

Técnicas de sincronização

Sincronização em programação paralela é a coordenação das atividades de diferentes processos ou threads, a fim de garantir a ordem e a integridade dos dados compartilhados entre eles. A sincronização é essencial para evitar problemas de concorrência, como condições de corrida e deadlocks.

Andrews, G. R., Asfahl, R. C., Farrell, J. A., & Yellen, J. (1999). *Foundations of parallel programming*. Pearson Education.

Técnicas de sincronização

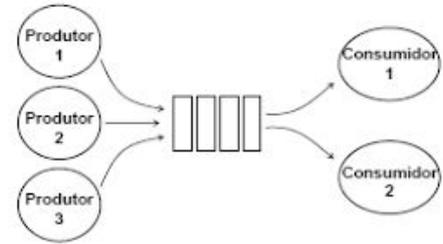
- Semáforos

- Prós:

- Simples de entender e utilizar.
- Permitem a implementação de soluções eficientes e flexíveis para problemas de sincronização.
- São úteis para situações em que é necessário limitar o acesso a recursos compartilhados, como semáforos binários.
- Podem ser usados para garantir a ordem de execução de processos ou threads.

Problemas de concorrência

- Exemplo



Técnicas de sincronização

- Semáforos

"Os semáforos são variáveis inteiras usadas para sincronização em programação concorrente, especialmente em sistemas operacionais. Eles permitem que várias threads ou processos compartilhem recursos e coordenem suas ações. Um semáforo pode ser usado para indicar se um recurso está disponível ou não, e para bloquear ou desbloquear o acesso a esse recurso, evitando condições de corrida e outros problemas de sincronização"

SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. *Fundamentos de sistemas operacionais: princípios básicos*. 8. ed. São Paulo: LTC, 2013.

Técnicas de sincronização

- Semáforos

- Contras:

- Podem ser difíceis de depurar, especialmente em casos de deadlocks e condições de corrida.
- Se não forem usados corretamente, podem levar a problemas de sincronização, como deadlocks e inanição.
- Podem ser menos eficientes em alguns casos do que outras técnicas de sincronização, como variáveis de condição.
- Podem ser menos flexíveis em situações em que é necessário sincronizar processos ou threads em contextos mais complexos, como em sistemas distribuídos.

Técnicas de sincronização

- Mutex

Mutex é uma forma de garantir exclusão mútua em sistemas paralelos, onde apenas um processo ou thread pode acessar determinada seção crítica do código por vez. Isso é feito através da utilização de uma variável compartilhada que atua como um "sinalizador" indicando se determinado recurso está sendo utilizado ou não. Apenas o processo ou thread que conseguir obter o sinalizador poderá executar a seção crítica, enquanto os demais aguardam em fila.

Tanenbaum, A. S., & van Steen, M. (2017). *Sistemas Distribuídos: Princípios e Paradigmas* (2a ed.). Pearson.

Técnicas de sincronização

- Mutex

- Prós:

- Garante exclusão mútua, evitando que múltiplos processos ou threads acessem a mesma seção crítica simultaneamente.
- Pode ser implementado em diferentes plataformas e sistemas operacionais.
- É fácil de usar e entender.

Técnicas de sincronização

- Mutex

- Contras:

- Pode levar a condições de inanição se não for implementado corretamente.
- Pode resultar em desperdício de recursos se muitos processos ou threads ficarem bloqueados tentando acessar a mesma seção crítica.
- Pode ser difícil de depurar se houver problemas de concorrência no código.

Técnicas de sincronização

- Variáveis de condição

Variáveis de condição são um mecanismo de sincronização que permitem a comunicação entre processos ou threads em sistemas paralelos. Elas são utilizadas para bloquear um processo ou thread até que uma determinada condição seja satisfeita por outro processo ou thread. Ao atender a condição, o processo ou thread sinaliza a variável de condição para que os demais processos ou threads possam ser notificados e retomar sua execução.

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013). *Operating System Concepts* (9th ed.). Wiley.

Técnicas de sincronização

- Variáveis de condição

- Prós:

- Permitem a sincronização entre processos ou threads de forma eficiente e segura, evitando a condição de corrida e outros problemas de concorrência.
- Permitem que processos ou threads aguardem por eventos ou condições específicas de forma mais eficiente do que em outras formas de sincronização, reduzindo o tempo de espera e o consumo de recursos.
- São flexíveis e versáteis, permitindo implementar uma ampla variedade de padrões de sincronização e comunicação entre processos ou threads.

Técnicas de sincronização

- Variáveis de condição

- Contras:

- A sua implementação pode ser complexa, requerendo um conhecimento detalhado das suas propriedades e dos algoritmos utilizados para sua implementação.
- Se mal utilizadas, podem gerar problemas de desempenho e consumo excessivo de recursos, especialmente se forem utilizadas em conjunto com outras formas de sincronização.
- Podem levar a problemas de deadlock ou inanição se não forem utilizadas corretamente.

Técnicas de sincronização

- Semáforos
- Mutex
- Variáveis de condição

Técnicas de sincronização

- Barreiras de sincronização

Uma barreira de sincronização é um mecanismo de sincronização que permite que um conjunto de processos ou threads aguarde até que todos tenham alcançado determinado ponto de execução antes de prosseguir. Essa técnica é útil em casos em que é necessário que todos os processos ou threads concluam uma tarefa antes que a próxima possa ser iniciada, como em programas paralelos com etapas bem definidas.

Grams, A., Gupta, A., Karypis, G., & Kumar, V. (2003). *Introdução à computação paralela* (2a ed.). Thomson Learning.

Técnicas de sincronização

- Barreiras de sincronização
 - Prós:
 - Permitem que os processos ou threads aguardem uns pelos outros antes de prosseguir, garantindo que todos tenham alcançado determinado ponto de execução antes de prosseguir;
 - Evitam condições de corrida e inanição, pois todos os processos ou threads são bloqueados até que todos cheguem à barreira.

Técnicas de sincronização

- Barreiras de sincronização
 - Contras:
 - Podem causar atrasos desnecessários na execução, pois todos os processos ou threads devem aguardar até que todos cheguem à barreira antes de prosseguir;
 - Podem consumir muita memória para manter informações sobre o número de processos ou threads aguardando na barreira.

Comunicação em programação paralela

Felipe Pereira Perez

Sumário

- Comunicação entre processos/threads
- Passagem de mensagens
- Implementação de canais de comunicação

Comunicação em programação paralela

"A comunicação em programação paralela é definida como o processo de troca de informações e coordenação entre diferentes processos ou threads em um sistema paralelo. Essa troca de informações pode ser realizada por meio de diversos mecanismos, como passagem de mensagens, compartilhamento de memória ou uso de canais de comunicação"

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013).
Operating System Concepts. John Wiley & Sons.

Comunicação entre processos/threads

Em programação paralela, um processo é uma instância de um programa em execução, enquanto uma thread é uma unidade de execução dentro de um processo. Os processos são independentes entre si, possuem seu próprio espaço de memória e são isolados uns dos outros. Já threads compartilham o mesmo espaço de memória de um processo e podem cooperar entre si por meio de troca de informações e sincronização.

Tanenbaum, A. S., & van Steen, M. (2017). *Sistemas Distribuídos: Princípios e Paradigmas* (2ª ed.). Pearson.

Comunicação entre processos/threads

- Troca de mensagens
- Compartilhamento de memória
- Sinais e eventos
- Barreiras de sincronização

Técnicas de comunicação entre processos/threads

- Memória compartilhada
- Pipes
- Sockets

Técnicas de comunicação entre processos/threads

- Memória compartilhada
- Pipes
- Sockets

Passagem de mensagens

"Na passagem de mensagens em programação paralela, os processos ou threads trocam informações enviando e recebendo mensagens entre si, utilizando mecanismos de comunicação específicos. Essa abordagem permite uma comunicação assíncrona e eficiente entre entidades paralelas. Por exemplo, em sistemas baseados em troca de mensagens, os processos podem enviar mensagens para outros processos, que ficam armazenadas até que o destinatário as receba. Isso facilita a comunicação e a coordenação em ambientes paralelos e distribuídos."

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013). *Operating System Concepts* (9th ed.). Wiley.

Passagem de mensagens

- Vantagens:
 - Desacoplamento
 - Escalabilidade
 - Comunicação distribuída

Passagem de mensagens

- Desvantagens:
 - Complexidade
 - Overhead de comunicação
 - Coordenação explícita

Passagem de mensagens

- Exemplos de bibliotecas e APIs:
 - MPI
 - OpenMP
 - Pthreads

Canais de comunicação

"Canais de comunicação são abstrações utilizadas na programação paralela para facilitar a troca de informações entre processos ou threads. Esses canais permitem a passagem de mensagens de forma assíncrona ou síncrona, possibilitando a coordenação e a sincronização entre os elementos do sistema paralelo."

Quinn, M. J. (2004). *Parallel programming in C with MPI and OpenMP*. McGraw-Hill Education.

Canais de comunicação

- Vantagens:
 - Isolamento
 - Flexibilidade
 - Sincronização
 - Escalabilidade

Canais de comunicação

- Desvantagens:
 - Complexidade
 - Overhead
 - Dependência da rede
 - Concorrência

Canais de comunicação

- Exemplos de bibliotecas e APIs:
 - ZeroMQ
 - RabbitMQ

Aplicações

- Sistemas de banco de dados distribuídos
- Aplicações de processamento de imagens em tempo real
- Sistemas de simulação e modelagem científica

Escalonamento em programação paralela

Felipe Pereira Perez

Sumário

- Conceito de escalonamento em paralelo
- Técnicas de escalonamento, como divisão de tarefas, granularidade e localidade
- Implementação de escalonamento em diferentes ambientes de programação paralela

Escalonamento em paralelo

Escalonamento em programação paralela é o processo de atribuir tarefas ou processos a recursos computacionais disponíveis, como processadores ou núcleos de processamento, com o objetivo de otimizar a utilização desses recursos, maximizar o desempenho e minimizar o tempo de execução das aplicações paralelas.

Quinn, M. J. (2004). *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*. McGraw-Hill.

Escalonamento em paralelo - Exemplos

- Simulações computacionais
- Processamento de imagens e vídeos
- Data analytics e machine learning
- Bancos de dados distribuídos

Técnicas de escalonamento - Divisão de Tarefas

A técnica de escalonamento de divisão de tarefas consiste em dividir um problema em várias tarefas independentes que podem ser executadas paralelamente. Essas tarefas são distribuídas entre os processadores disponíveis, de forma que cada processador fique responsável por uma parte do trabalho. Essa técnica é especialmente eficiente quando o problema pode ser facilmente decomposto em subproblemas independentes e a carga de trabalho é bem balanceada entre os processadores.

Kumar, V., Grama, A., Gupta, A., & Karypis, G. (2003). *Introduction to Parallel Computing* (2nd ed.). Addison-Wesley.

Técnicas de escalonamento - Divisão de Tarefas

- Vantagens:
 - Melhor utilização dos recursos
 - Redução do tempo de execução
 - Balanceamento de carga

Técnicas de escalonamento - Divisão de Tarefas

- Desvantagens:
 - Overhead de comunicação
 - Complexidade de programação
 - Dependência de granularidade

Técnicas de escalonamento - Granularidade

A granularidade é uma técnica de escalonamento que se refere ao tamanho das tarefas a serem executadas em paralelo. A granularidade pode ser fina, onde as tarefas são pequenas e de curta duração, ou grossa, onde as tarefas são maiores e exigem mais tempo de processamento. A escolha da granularidade adequada é essencial para obter um escalonamento eficiente, levando em consideração fatores como overhead de comunicação, balanceamento de carga e utilização dos recursos disponíveis.

Kumar, V., Grama, A., Gupta, A., & Karypis, G. (2003). **Introduction to Parallel Computing** (2nd ed.). Addison-Wesley.

Técnicas de escalonamento - Granularidade

- Vantagens:
 - Balanceamento de carga
 - Melhor utilização dos recursos
 - Redução do tempo de execução

Técnicas de escalonamento - Granularidade

- Desvantagens:
 - Overhead de comunicação
 - Problemas de concorrência
 - Melhor alocação de recursos

Técnicas de escalonamento - Granularidade

A técnica de escalonamento de localidade visa maximizar a eficiência do processamento paralelo, priorizando a execução de tarefas em processadores próximos aos dados que elas acessam, minimizando a necessidade de comunicação entre os processadores.

Hwang, K., & Xu, Y. (2011). **Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things**. Morgan Kaufmann.

Técnicas de escalonamento - Granularidade

- Vantagens:
 - Redução da sobrecarga de comunicação
 - Aproveitamento de cache

Técnicas de escalonamento - Granularidade

- Desvantagens:
 - Restrição à localidade dos dados
 - Possibilidade de desbalanceamento

Algoritmos de escalonamento

- FIFO
- Round Robin
- SJF
- EDF
- Scheduling by Priority

Controle de recursos compartilhados

O controle de recursos compartilhados envolve a implementação de mecanismos para garantir que diferentes processos ou threads não acessem simultaneamente recursos compartilhados, evitando assim problemas de concorrência. Esses mecanismos podem incluir o uso de semáforos, mutex, variáveis de condição e outros mecanismos de sincronização.

Tanenbaum, A. S., & van Steen, M. (2017). **Distributed systems: principles and paradigms** (3rd ed.). Pearson.

Implementação de escalonamento

A implementação de escalonamento em ambientes de programação paralela envolve a definição de políticas e algoritmos para a alocação de recursos computacionais. Essas implementações podem variar dependendo da arquitetura do sistema, do modelo de programação paralela e dos objetivos de desempenho.

Kumar, V., Grama, A., Gupta, A., & Karypis, G. (2003). **Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms**. Benjamin/Cummings Publishing Company.

Prioridades de processos

As prioridades de processos são atribuídas com o objetivo de influenciar o escalonador na ordem de execução das tarefas. Essas prioridades podem ser definidas de forma estática, onde são determinadas durante a criação do processo, ou de forma dinâmica, onde podem ser ajustadas ao longo do tempo de acordo com o comportamento e demanda do sistema.

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013). **Operating System Concepts** (9th ed.). Wiley.

Balanceamento de carga

O balanceamento de carga refere-se à distribuição equilibrada das tarefas entre os processadores ou threads em um sistema paralelo, com o objetivo de otimizar a utilização dos recursos disponíveis e melhorar o desempenho global do sistema.

Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2013). **Operating system concepts** (9th ed.). Wiley.

Implementação de escalonamento

- OpenMP
- MPI
- CUDA

Atividades

B.1 Aula 1: Introdução à programação paralela

B.1.1 Missão: Definição de programação paralela

Qual a definição correta de programação paralela?

- (a) Programação que utiliza apenas um núcleo de processamento
- (b) Programação que utiliza múltiplos processadores para resolver um problema
- (c) Programação que utiliza técnicas de otimização de código para reduzir o tempo de execução
- (d) Programação que utiliza uma arquitetura cliente-servidor para distribuir tarefas
- (e) Programação que utiliza algoritmos avançados de inteligência artificial

Resposta correta: b) Programação que utiliza múltiplos processadores para resolver um problema.

Explicação: A programação paralela é uma técnica que permite a utilização de múltiplos processadores ou núcleos de processamento para realizar a computação em paralelo, dividindo o trabalho em tarefas menores e executando-as simultaneamente para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de execução.

A _____ é uma técnica de programação que permite a execução de tarefas simultâneas em _____, dividindo o trabalho em partes menores que podem ser executadas em paralelo para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de execução.

- (a) programação concorrente, um único processador
- (b) programação paralela, múltiplos processadores
- (c) programação orientada a objetos, uma única thread
- (d) programação funcional, múltiplos núcleos de processamento
- (e) programação imperativa, um único core

Resposta correta: b) programação paralela, múltiplos processadores.

Explicação: A programação paralela é uma técnica que permite a execução simultânea de tarefas em múltiplos processadores ou núcleos de processamento, dividindo o trabalho em partes menores que podem ser executadas em paralelo para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de execução. A programação concorrente também permite a execução simultânea de tarefas, mas geralmente utiliza um único processador com múltiplas threads.

Relacione os pares corretamente:

1. Programação paralela
 2. Programação concorrente
 3. Múltiplos processadores
 4. Tarefas menores
 5. Melhora a eficiência
- (a) Permite a execução simultânea de tarefas em múltiplos processadores ou núcleos de processamento
 - (b) Técnica que permite a execução simultânea de tarefas, geralmente utilizando um único processador com múltiplas threads
 - (c) Componente fundamental da arquitetura de um computador que permite a execução de tarefas em paralelo
 - (d) Divisão do trabalho em partes menores que podem ser executadas em paralelo para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de execução
 - (e) Resultado esperado da utilização da programação paralela

Resposta: 1-a, 2-b, 3-c, 4-d, 5-e

Explicação: A programação paralela é uma técnica que permite a execução simultânea de tarefas em múltiplos processadores ou núcleos de processamento, dividindo o trabalho em partes menores que podem ser executadas em paralelo para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de execução. A programação concorrente é outra técnica que permite a execução simultânea de tarefas, geralmente utilizando um único processador com múltiplas threads. Múltiplos processadores são componentes fundamentais da arquitetura de um computador que permitem a execução de tarefas em paralelo. A divisão do trabalho em partes menores é a estratégia utilizada para tornar possível a execução em paralelo. A melhora da eficiência é o resultado esperado da utilização da programação paralela.

Qual a definição de programação paralela?

- (a) Uma técnica de programação que permite a execução de um único programa em vários processadores ao mesmo tempo.
- (b) Uma técnica de programação que permite a execução de vários programas em vários processadores ao mesmo tempo.
- (c) Uma técnica de programação que permite a execução de um único programa em um único processador de maneira mais rápida.
- (d) Uma técnica de programação que permite a execução de vários programas em um único processador de maneira mais rápida.
- (e) Uma técnica de programação que permite a execução de um programa em uma máquina virtual.

Resposta: a) Uma técnica de programação que permite a execução de um único programa em vários processadores ao mesmo tempo.

B.1.2 Missão: Vantagens e desvantagens da programação paralela

Quais das seguintes opções são vantagens da programação paralela?

- (a) Redução dos custos de hardware
- (b) Facilidade de desenvolvimento
- (c) Maior eficiência no processamento de tarefas
- (d) Redução do consumo de energia

(e) Ausência de problemas de escalabilidade

Resposta: (c) Maior eficiência no processamento de tarefas

Explicação: A programação paralela apresenta várias vantagens, entre as quais se destacam a maior eficiência no processamento de tarefas, uma vez que é possível dividir o trabalho em partes menores e executá-las simultaneamente. Isso pode resultar em uma redução significativa no tempo de processamento e no aumento do desempenho. As demais opções são incorretas. A programação paralela não reduz os custos de hardware, não é mais fácil de desenvolver do que a programação sequencial, não reduz o consumo de energia e pode enfrentar problemas de escalabilidade dependendo da aplicação e do ambiente de execução.

Complete a lacuna abaixo com a opção correta que corresponde a uma das desvantagens da programação paralela:

Uma das _____ da programação paralela é que o desenvolvimento pode ser mais complexo e exigir maior conhecimento técnico do que a programação sequencial.

- (a) vantagens
- (b) desvantagens
- (c) formas
- (d) habilidades
- (e) funções

Resposta: (b) desvantagens

Explicação: Uma das desvantagens da programação paralela é que o desenvolvimento pode ser mais complexo e exigir maior conhecimento técnico do que a programação sequencial. Isso se deve ao fato de que a programação paralela envolve dividir o trabalho em partes menores, coordenar a execução dessas partes e garantir que não ocorram condições de corrida ou outros problemas de sincronização. As outras opções não são adequadas para preencher a lacuna.

Qual das opções abaixo não é uma vantagem da programação paralela?

- (a) Maior eficiência no processamento de tarefas.
- (b) Possibilidade de escalabilidade.
- (c) Redução do tempo de processamento.

- (d) Menor complexidade e facilidade de implementação.
- (e) Solução de problemas que seriam impossíveis de serem resolvidos de outra forma.

Resposta: (d) Menor complexidade e facilidade de implementação.

Explicação: A programação paralela pode trazer diversas vantagens, como a maior eficiência no processamento de tarefas (opção A), a possibilidade de escalabilidade (opção B), a redução do tempo de processamento (opção C) e a solução de problemas que seriam impossíveis de serem resolvidos de outra forma (opção E). No entanto, a complexidade e a exigência de maior conhecimento técnico são desvantagens da programação paralela, e não vantagens. Portanto, a resposta correta é a opção D, "Menor complexidade e facilidade de implementação".

Qual das alternativas abaixo apresenta uma das vantagens da programação paralela?

- (a) Maior complexidade do código
- (b) Maior tempo de execução em relação à programação sequencial
- (c) Possibilidade de processamento de grandes volumes de dados
- (d) Dificuldade de programação em relação à programação sequencial
- (e) Baixo desempenho em sistemas distribuídos

Resposta: c) Possibilidade de processamento de grandes volumes de dados

B.1.3 Missão: Modelos de programação paralela

Qual das opções abaixo não é um modelo de programação paralela?

- (a) Modelo de memória compartilhada.
- (b) Modelo de troca de mensagens.
- (c) Modelo de troca de mensagens.
- (d) Modelo de GPU.
- (e) Modelo de pipeline.

Resposta: (c) Modelo de programação orientada a objetos.

Explicação: Existem diversos modelos de programação paralela, como o modelo de memória compartilhada (opção A), o modelo de troca de mensagens

(opção B), o modelo de GPU (opção D) e o modelo de pipeline (opção E). No entanto, a programação orientada a objetos (POO) é uma técnica de programação que se concentra na definição de classes e objetos, e não se caracteriza como um modelo de programação paralela. Portanto, a resposta correta é a opção C, "Modelo de programação orientada a objetos".

No modelo de programação paralela de memória compartilhada, vários processos podem acessar _____ ao mesmo tempo.

- (a) a mesma memória
- (b) memórias diferentes
- (c) o disco rígido
- (d) o processador principal
- (e) o cache

Resposta: (a) a mesma memória

Explicação: No modelo de programação paralela de memória compartilhada, vários processos ou threads compartilham o mesmo espaço de memória. Esses processos podem acessar a mesma região de memória simultaneamente, sem a necessidade de comunicação explícita entre eles. Portanto, a resposta correta é a opção A, "a mesma memória". As outras opções não descrevem corretamente o modelo de memória compartilhada.

No modelo de programação paralela de troca de mensagens, os processos interagem por meio de _____.

- (a) chamadas de sistema
- (b) variáveis compartilhadas
- (c) memória virtual
- (d) buffers de mensagem
- (e) interrupções

Resposta: (d) buffers de mensagem

Explicação: No modelo de programação paralela de troca de mensagens, os processos não compartilham a memória, mas interagem por meio do envio e recebimento de mensagens por meio de buffers. As mensagens podem ser enviadas e recebidas de forma síncrona ou assíncrona. Portanto, a resposta correta é a opção D, "buffers de mensagem". As outras opções não descrevem corretamente o modelo de troca de mensagens.

Qual das alternativas abaixo é uma interface de programação que suporta programação paralela?

- (a) C++
- (b) Python
- (c) OpenMP
- (d) Java
- (e) Ruby

Resposta: (c) OpenMP

B.2 Aula 2: Sincronização em programação paralela

B.2.1 Missão: Problemas de concorrência

Qual dos seguintes não é um problema comum de concorrência em programação paralela?

- (a) Deadlock
- (b) Race condition
- (c) Starvation
- (d) Buffer overflow
- (e) Inconsistência de memória

Resposta: (d) Buffer overflow

Explicação: Os problemas comuns de concorrência em programação paralela incluem deadlock, race condition, starvation e inconsistência de memória. O buffer overflow é um problema comum em segurança da informação e ocorre quando um programa grava mais dados em um buffer do que ele pode armazenar, levando à corrupção de dados ou mesmo à execução de código malicioso. Portanto, a resposta correta é a opção D, "Buffer overflow".

Complete a lacuna na seguinte frase sobre problemas de concorrência: "Um _____ ocorre quando dois ou mais processos ou threads tentam acessar o mesmo recurso compartilhado sem sincronização adequada, resultando em resultados não determinísticos."

- (a) Deadlock

- (b) Race condition
- (c) Starvation
- (d) Buffer overflow
- (e) Inconsistência de memória

Resposta: (b) Race condition Explicação: Um race condition é um problema de concorrência que ocorre quando dois ou mais processos ou threads tentam acessar o mesmo recurso compartilhado sem sincronização adequada, resultando em resultados não determinísticos. Portanto, a resposta correta é a opção B, "Race condition".

B.2.2 Associe corretamente os tipos de problemas de concorrência com suas respectivas descrições:

1. Deadlock
2. Starvation
3. Race Condition
4. Priority Inversion
5. Livelock

- (a) Ocorre quando dois ou mais processos estão aguardando indefinidamente um pelo outro para liberar recursos.
- (b) Ocorre quando um processo não consegue adquirir os recursos necessários para a sua execução.
- (c) Ocorre quando a ordem de execução de instruções ou eventos afeta o resultado final do programa.
- (d) Ocorre quando um processo de menor prioridade impede um processo de maior prioridade de executar.
- (e) Ocorre quando dois ou mais processos estão em um loop infinito, respondendo continuamente às ações um do outro.

Resposta: 1-a, 2-b, 3-c, 4-d, 5-e

Qual dos seguintes é um problema comum de concorrência em programação paralela?

- (a) Exclusão mútua
- (b) Comunicação de processos
- (c) Divisão de tarefas
- (d) Deadlock
- (e) Granularidade

Resposta: d) Deadlock

B.2.3 Missão: Técnicas de sincronização, como semáforos, mutex e variáveis de condição

Qual a função dos semáforos, mutex e variáveis de condição em programação paralela?

- (a) Armazenar informações
- (b) Executar tarefas em paralelo
- (c) Gerenciar a sincronização entre threads
- (d) Executar funções matemáticas
- (e) Transferir dados entre diferentes processos

Resposta: (c) Gerenciar a sincronização entre threads.

Complete a lacuna: "Um ___ é um objeto que é usado para proteger o acesso concorrente a um recurso compartilhado, enquanto um ___ é usado para proteger o acesso concorrente a um recurso compartilhado e para coordenar a execução de threads."

- (a) Semáforo; mutex
- (b) Mutex; semáforo
- (c) Variável de condição; semáforo
- (d) Semáforo; variável de condição
- (e) Mutex; variável de condição

Resposta: (a) Semáforo; mutex.

Associe cada técnica de sincronização com a sua descrição correta:

1. Semáforos
 2. Mutex
 3. Variáveis de condição
 4. Monitores
 5. Barreiras
- (a) Permitem que um processo ou thread aguarde a conclusão de outros processos ou threads.
- (b) Bloqueia o acesso a uma seção crítica do código para garantir a exclusão mútua.
- (c) Controla o acesso a um recurso compartilhado usando um token.
- (d) É uma estrutura de dados que encapsula um recurso compartilhado e os procedimentos que o acessam.
- (e) É uma técnica de sincronização que permite que um conjunto de threads aguarde até que todas as threads atinjam um determinado ponto de execução antes de prosseguir.

Resposta: 1-c, 2-b, 3-a, 4-d, 5-e

Qual das técnicas de sincronização abaixo é utilizada para garantir a exclusão mútua entre processos ou threads concorrentes?

- (a) Semáforos
- (b) Mutex
- (c) Variáveis de condição
- (d) Barreiras
- (e) Todas as anteriores

Resposta: b) Mutex

B.2.4 Missão: Implementação de barreiras de sincronização

Qual das alternativas a seguir melhor descreve a funcionalidade de uma barreira de sincronização em programação paralela?

- (a) Fornece uma forma de garantir que apenas uma thread por vez acesse uma seção crítica do código.
- (b) Impede que uma thread execute até que todas as outras threads alcancem um ponto específico no código.
- (c) Permite que várias threads executem uma seção crítica do código simultaneamente.
- (d) Garante que cada thread execute em uma CPU diferente.
- (e) Fornece uma maneira de permitir que as threads acessem uma variável compartilhada.

Resposta: (b) Impede que uma thread execute até que todas as outras threads alcancem um ponto específico no código.

Preencha a lacuna na frase abaixo: As barreiras de _____ são utilizadas para sincronizar threads em um programa paralelo, de modo que uma thread não prossiga antes que todas as outras tenham atingido um determinado ponto de sincronização.

- (a) comunicação
- (b) processamento
- (c) inicialização
- (d) sincronização
- (e) interrupção

Resposta: (d) sincronização

Associe cada tipo de barreira de sincronização com sua descrição:

1. Barreira centralizada
2. Barreira de contagem
3. Barreira em árvore
4. Barreira de desempenho

5. Barreira de fase

- (a) Barreira que usa um contador para aguardar o número de threads especificado antes de permitir que os threads prossigam.
- (b) Barreira que agrupa as threads em uma árvore hierárquica, onde a raiz aguarda todas as folhas antes de permitir que as threads prossigam.
- (c) Barreira que espera que todas as threads cheguem a uma única barreira central antes de permitir que qualquer uma delas prossiga.
- (d) Barreira que permite que threads desempenhem tarefas adicionais antes de se juntarem à barreira.
- (e) Barreira que permite que threads prossigam através de várias fases, com uma barreira para cada fase.

Resposta: 1-c, 2-a, 3-b, 4-d, 5-e

Qual a função de uma barreira de sincronização em programação paralela?

- (a) Permitir que vários processos acessem simultaneamente um recurso crítico
- (b) Garantir que apenas um processo execute uma seção crítica por vez
- (c) Sincronizar o término de todos os processos de uma região paralela antes que a execução prossiga
- (d) Evitar que diferentes processos realizem operações de leitura e escrita sobre os mesmos dados
- (e) Permitir que diferentes processos se comuniquem através de mensagens

Resposta: (c) Sincronizar o término de todos os processos de uma região paralela antes que a execução prossiga

B.3 Aula 3: Comunicação em programação paralela

B.3.1 Missão: Comunicação entre processos/threads

Qual das alternativas abaixo é um exemplo de técnica de comunicação entre processos/threads?

- (a) Variáveis de condição
- (b) Barreiras de sincronização

- (c) Semáforos
- (d) Mutex
- (e) Nenhuma das anteriores

Resposta: (e) Nenhuma das anteriores. As técnicas citadas na pergunta referem-se a técnicas de sincronização entre processos/threads, enquanto a comunicação entre processos/threads é realizada por meio de outros mecanismos, como pipes, sockets, memória compartilhada, entre outros.

Complete a lacuna: Para a comunicação entre processos, uma técnica muito utilizada é o uso de _____, que permitem que dois processos se comuniquem através de um espaço de memória compartilhado.

- (a) Pipes
- (b) Sockets
- (c) Semáforos
- (d) Mutex
- (e) Threads

Resposta: (a) Pipes

Associe as técnicas de comunicação entre processos/threads com suas respectivas descrições:

1. Pipes
 2. Sockets
 3. Memória compartilhada
 4. Mensagens em fila
 5. RPC (Remote Procedure Call)
- (a) Permite a comunicação por meio de um buffer na memória compartilhada por processos/threads diferentes.
 - (b) Permite a comunicação por meio de passagem de mensagens em uma fila.
 - (c) Permite a comunicação entre processos/threads em diferentes máquinas por meio de conexão em rede.

- (d) Permite a comunicação entre processos/threads por meio de chamada de procedimentos remotos.
- (e) Permite a comunicação entre processos/threads pai e filho ou processos/threads relacionados.

Resposta: 1-e, 2-c, 3-a, 4-b, 5-d

Qual das alternativas abaixo descreve corretamente a comunicação entre processos/threads em programação paralela?

- (a) A comunicação entre processos/threads ocorre apenas por meio do compartilhamento de memória.
- (b) A comunicação entre processos/threads ocorre apenas por meio de passagem de mensagens.
- (c) A comunicação entre processos/threads pode ocorrer por meio de compartilhamento de memória e passagem de mensagens.
- (d) A comunicação entre processos/threads só é possível se houver exclusão mútua.
- (e) A comunicação entre processos/threads é irrelevante na programação paralela.

Resposta: c) A comunicação entre processos/threads pode ocorrer por meio de compartilhamento de memória e passagem de mensagens.

B.3.2 Missão: Passagem de mensagens

Qual é o principal benefício da passagem de mensagens para a comunicação entre processos ou threads?

- (a) Redução de overhead de comunicação
- (b) Melhora na escalabilidade do sistema
- (c) Maior simplicidade de implementação
- (d) Melhora na utilização de recursos do sistema
- (e) Maior eficiência na comunicação entre processos ou threads

Resposta: (c) Maior simplicidade de implementação

Complete a lacuna: "A ___ é uma operação de envio de mensagem bloqueante, enquanto que a ___ é uma operação de recebimento bloqueante".

- (a) Barreira, sincronização
- (b) Comunicação, sincronização
- (c) Sincronização, barreira
- (d) Comunicação, barreira
- (e) Sincronização, comunicação

Resposta: (d) Comunicação, barreira.

Relacione as técnicas de passagem de mensagem com suas descrições:

1. Memória Compartilhada
 2. Pipes
 3. Filas de mensagens
 4. RPC (Chamada de Procedimento Remoto)
 5. Sockets
- (a) Usado em sistemas cliente-servidor e permite a comunicação entre processos em diferentes computadores.
 - (b) Permite a comunicação bidirecional entre processos que têm um ancestral comum.
 - (c) Usado em sistemas distribuídos para permitir que processos se comuniquem uns com os outros por meio de mensagens.
 - (d) Permite a passagem de mensagens entre processos através de um arquivo especial que age como uma "ponte" entre eles.
 - (e) Permite a passagem de mensagens através de uma área de memória compartilhada entre processos.

Resposta: 1-e, 2-b, 3-c, 4-a, 5-d

Qual das alternativas abaixo descreve corretamente a passagem de mensagens na programação paralela?

- (a) Processos compartilham memória e usam variáveis compartilhadas para trocar informações.
- (b) Um processo/tarefa envia uma mensagem diretamente para outro processo/tarefa sem compartilhar memória.
- (c) Cada processo/tarefa possui uma cópia privada dos dados compartilhados e os atualiza de forma independente.
- (d) A passagem de mensagens é uma técnica de sincronização que garante a ordem de execução de tarefas em diferentes processos.
- (e) Na passagem de mensagens, cada processo/tarefa possui acesso exclusivo a um segmento de memória compartilhado.

Resposta: b) Um processo/tarefa envia uma mensagem diretamente para outro processo/tarefa sem compartilhar memória.

B.3.3 Missão: Implementação de canais de comunicação

Qual é a finalidade dos canais de comunicação em sistemas concorrentes?

- (a) Fazer com que os processos compartilhem variáveis de forma segura.
- (b) Permitir a comunicação entre processos sem que eles precisem compartilhar memória.
- (c) Controlar o acesso de processos a recursos críticos.
- (d) Gerenciar as prioridades dos processos em execução.
- (e) Limitar o número de processos que podem acessar um recurso compartilhado.

Resposta: (b)

Preencha a lacuna: Na implementação de canais de comunicação, um canal é um objeto que contém uma área de _____ e pode ter uma ou mais _____ associadas a ele.

- (a) memória, threads
- (b) memória, variáveis
- (c) cache, processos

- (d) pilha, funções
- (e) heap, processos

Resposta: b) memória, variáveis

Relacione as técnicas de implementação de canais de comunicação com suas respectivas características:

1. Pipes
 2. FIFOs
 3. Memória compartilhada
 4. Sockets
 5. Message Queues
- (a) Permitem a comunicação entre processos em máquinas diferentes.
 - (b) Utilizam uma fila para garantir a ordem das mensagens trocadas.
 - (c) Permitem a comunicação apenas entre processos com um ancestral comum.
 - (d) Permitem a comunicação entre processos em uma mesma máquina ou em máquinas diferentes.
 - (e) São implementados como arquivos especiais e utilizam as operações read() e write().

Resposta: 1-a, 2-b, 3-c, 4-d, 5-e

Qual das alternativas abaixo é uma maneira de implementar canais de comunicação em programação paralela?

- (a) Utilizando variáveis compartilhadas.
- (b) Utilizando técnicas de sincronização como semáforos e mutex.
- (c) Utilizando passagem de mensagens síncrona.
- (d) Utilizando passagem de mensagens assíncrona.
- (e) Não é possível implementar canais de comunicação em programação paralela.

Resposta: (d) Utilizando passagem de mensagens assíncrona.

B.4 Aula 4: Escalonamento em programação paralela

B.4.1 Missão: Conceito de escalonamento em paralelo

Qual é a definição de escalonamento em paralelo?

- (a) Uma técnica de programação para maximizar a utilização de recursos do sistema
- (b) O processo de alocação de recursos para um processo específico
- (c) Um método de sincronização de threads em um sistema multi-core
- (d) A técnica de programação de dividir tarefas em pedaços menores para executar em paralelo
- (e) O processo de otimizar a ordem de execução de tarefas em um sistema multi-core

Resposta: (e) O processo de otimizar a ordem de execução de tarefas em um sistema multi-core.

Complete a lacuna: Em sistemas de paralelismo de tarefas, o _____ refere-se à escolha de uma tarefa para ser executada por uma das unidades de processamento disponíveis.

- (a) balanceamento de carga
- (b) particionamento de tarefas
- (c) comunicação entre tarefas
- (d) sincronização entre tarefas
- (e) escalonamento em paralelo

Resposta: (e) escalonamento em paralelo.

Relacione as técnicas de escalonamento com suas respectivas descrições:

- Round-robin
- Prioridade
- Shortest job first (SJF)
- Shortest remaining time (SRT)

- Multi-level feedback queue (MLFQ)
 - (a) Cada processo é atribuído um valor numérico que indica sua prioridade em relação aos outros processos.
 - (b) Os processos são escalonados de acordo com o tempo necessário para a sua conclusão.
 - (c) É uma variação do SJF, em que o processo com o menor tempo restante é executado primeiro.
 - (d) Os processos são escalonados em intervalos de tempo fixos, cada processo é executado por um intervalo de tempo e , em seguida, é passado para o próximo processo.
 - (e) Os processos são divididos em diferentes filas de prioridade, sendo escalonados de acordo com uma política de feedback, onde um processo pode ser movido para uma fila de maior ou menor prioridade.

Respostas: 1-d, 2-a, 3-b, 4-c, 5-e

Qual é o conceito de escalonamento em paralelo?

- (a) É o processo de dividir tarefas em partes menores e executá-las em diferentes processadores ao mesmo tempo.
- (b) É a técnica de atribuir a mesma tarefa para vários processadores, de modo que cada um execute uma parte diferente da tarefa.
- (c) É o processo de definir a ordem em que as tarefas serão executadas em diferentes processadores, levando em consideração a disponibilidade de recursos e a prioridade de cada tarefa.
- (d) É a técnica de dividir a memória em partes menores e atribuí-las a diferentes processadores, de modo que cada um possa acessar uma parte diferente da memória.
- (e) É a técnica de atribuir tarefas diferentes para diferentes processadores, de modo que cada um execute uma tarefa diferente.

Resposta: (c) É o processo de definir a ordem em que as tarefas serão executadas em diferentes processadores, levando em consideração a disponibilidade de recursos e a prioridade de cada tarefa.

B.4.2 *Missão: Técnicas de escalonamento, como divisão de tarefas, granularidade e localidade*

Qual das técnicas de escalonamento abaixo tem como objetivo maximizar a quantidade de trabalho executado simultaneamente em vários processadores?

- (a) Divisão de tarefas
- (b) Granularidade
- (c) Localidade
- (d) Desbalanceamento de carga
- (e) Afinidade

Resposta: (a) Divisão de tarefas

A técnica de escalonamento que consiste em dividir uma tarefa grande em tarefas menores para serem executadas por processadores diferentes é chamada de _____.

- (a) Granularidade
- (b) Localidade
- (c) Afinidade
- (d) Desbalanceamento de carga
- (e) Divisão de tarefas

Resposta: (e) Divisão de tarefas

Associe as técnicas de escalonamento com suas respectivas definições:

1. Divisão de tarefas
 2. Granularidade
 3. Localidade
 4. Desbalanceamento de carga
 5. Afinidade
- (a) Técnica de escalonamento que busca maximizar a quantidade de trabalho executado simultaneamente em vários processadores.

- (b) Técnica de escalonamento que busca aumentar a eficiência de comunicação entre processadores ao executar tarefas em paralelo.
- (c) Técnica de escalonamento que busca minimizar a quantidade de transferência de dados entre processadores ao executar tarefas em paralelo.
- (d) Técnica de escalonamento que visa distribuir as tarefas de forma equilibrada entre os processadores, a fim de evitar gargalos em um processador.
- (e) Técnica de escalonamento que busca executar tarefas em um mesmo processador que já possui dados relevantes para sua execução.

Resposta: 1-a, 2-b, 3-c, 4-d, 5-e

Qual das seguintes opções descreve melhor a técnica de escalonamento por granularidade em programação paralela?

- (a) Divide o trabalho em tarefas menores e distribui essas tarefas entre os processos/threads disponíveis.
- (b) Separa o trabalho em unidades lógicas independentes e as distribui entre os processos/threads, com o objetivo de reduzir o overhead de comunicação.
- (c) Cria cópias de um mesmo conjunto de dados e as distribui entre os processos/threads para que cada um realize seu processamento em paralelo.
- (d) Atribui tarefas a processos/threads levando em consideração a proximidade física dos dados necessários para executá-las.
- (e) Distribui o trabalho de maneira uniforme entre os processos/threads, sem levar em consideração a granularidade das tarefas.

Resposta: b) Separa o trabalho em unidades lógicas independentes e as distribui entre os processos/threads, com o objetivo de reduzir o overhead de comunicação. A técnica de escalonamento por granularidade visa encontrar o equilíbrio ideal entre o número de tarefas em que o trabalho é dividido e o overhead de comunicação necessário para coordenar a execução dessas tarefas. Ao separar o trabalho em unidades lógicas independentes, é possível reduzir o overhead de comunicação, pois cada processo/thread trabalha em uma unidade de trabalho específica, minimizando a necessidade de comunicação entre os processos/threads.

B.4.3 *Missão: Implementação de escalonamento em diferentes ambientes de programação paralela*

Qual é a função básica do escalonador em ambientes de programação paralela?

- (a) Gerenciar as tarefas em execução em um único processador
- (b) Alocar recursos de memória para cada tarefa
- (c) Dividir as tarefas em sub-tarefas menores
- (d) Controlar a ordem de execução das tarefas em múltiplos processadores
- (e) Realizar a comunicação entre as tarefas

Resposta: (d) Controlar a ordem de execução das tarefas em múltiplos processadores

O escalonador de tarefas em MPI é _____, que é chamado por todas as threads simultaneamente.

- (a) sequencial
- (b) paralelo
- (c) distribuído
- (d) não determinístico
- (e) preemptivo

Resposta: (e) preemptivo

Complete a frase: Em ambientes de programação paralela distribuída, o escalonamento é geralmente implementado por um processo denominado de _____.

- (a) divisão de tarefas
- (b) granularidade
- (c) localidade
- (d) coordenador de tarefas
- (e) afinidade

Resposta: (d) coordenador de tarefas

Qual das alternativas abaixo apresenta um exemplo de ambiente de programação paralela para implementação de escalonamento?

- (a) MySQL
- (b) Python
- (c) OpenMP
- (d) Linux
- (e) Ruby

Resposta: (c) OpenMP

APÊNDICE

C

Ata de Defesa de Dissertação



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

MESTRADO

Aos oito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e três, às sete horas e quarenta e cinco minutos, na webconferência, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Anderson Correa de Lima (UFMS), Amaury Antonio de Castro Junior (UFMS), Claudio Zarate Sanavria (UFMS), Valeria Quadros dos Reis (UFMS) e Wilk Oliveira dos Santos (USP), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho do aluno: **FELIPE PEREIRA PEREZ**, CPF 37448311832, do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "**Explorando o Uso de Competição e Cooperação na Experiência de Estudantes de Computação de Acordo com seu Gamification User Type**" e orientação de Anderson Correa de Lima. O presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Dissertação. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue:

| EXAMINADOR | AVALIAÇÃO |
|--|-----------|
| Dr. Anderson Correa de Lima (Orientador) | APROVADO |
| Dr. Amaury Antonio de Castro Junior (Interno) (Coorientador) | APROVADO |
| Dr. Wilk Oliveira dos Santos (Externo) (Coorientador) | APROVADO |
| Dra. Valeria Quadros dos Reis (Externo) | APROVADO |
| Dr. Claudio Zarate Sanavria (Externo) | APROVADO |

Resultado final: [X] Aprovação [] Reprovação

Observações: Considerar as contribuições da banca para envio da versão final.

Este é o parecer.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Anderson Correa de Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 08/12/2023, às 09:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Amaury Antonio de Castro Junior, Professor do Magisterio Superior**, em 08/12/2023, às 09:48, conforme horário oficial de Mato

Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Wilk Oliveira dos Santos, Usuário Externo**, em 08/12/2023, às 10:23, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Zarate Sanavria, Usuário Externo**, em 08/12/2023, às 14:08, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Valeria Quadros dos Reis, Professora do Magistério Superior**, em 10/12/2023, às 12:37, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4495879** e o código CRC **254993B8**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone: (67)3345-7456

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS