

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
MESTRADO ACADÊMICO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

PEER INSTRUCTION NO ENSINO DE ASTRONOMIA: UMA ANÁLISE À LUZ DA
TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

JAMILI DE PAULA

Itajubá
- 2019 -

JAMILI DE PAULA

PEER INSTRUCTION NO ENSINO DE ASTRONOMIA: UMA ANÁLISE À LUZ DA
TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Dissertação realizada sob orientação do Professor Dr. Newton de Figueiredo Filho e co-orientação da Professora Dra. Denise Pereira de Alcântara Ferraz, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

À Silvana. A estrela alfa da minha constelação. O verso mais lindo da minha poesia. O conceito mais forte da minha ciência. Mulher do meu sangue e maior exemplo de resistência e doçura que eu possuo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

Aos meus familiares, em especial à Ísis, que sempre soube como se forma um arco-íris, meus sinceros agradecimentos por entender as minhas lonjuras, mesmo que fosse ela mesma quem as conjurasse nos momentos de discórdia. Eis aqui o melhor de mim, que ela inspirou.

Aos meus pais, Silvana e Denizar, por permitirem e incentivarem os meus sonhos e conquistas e, principalmente, lutarem comigo. Por me construírem humana e forte e por todo amor incondicional que somos.

Aos meus avós, Vicente e Merle (ou Paulinho Gama e Adelita), por todo o legado que construiu meu um quarto artista, um quarto cientista e um quarto humana.

À Tia Sandrinha, por despertar a filósofa que estava entocada bem no fundo da pelagem do coelho que está sendo tirado da cartola (Universo). Se hoje ela vive nas pontinhas do pelo é pelas nossas intensas e instigantes conversas e admiração e amor que lhe tenho.

À Ma, por ser incrivelmente forte e me apoiar, ouvir e inspirar. À Mo, por toda sua serenidade e pela mulher incrível que está se tornando. Ao Mu, por ser presente, ainda que distante, e sempre me ligar enquanto lava louças para conversarmos por horas.

Aos professores que encontrei pelo meu caminho e que me inspiraram e encantaram. Aos que me ajudaram nos primeiros passos: Milton (*in memoriam*), Nilva e Dionízio. E aos que chegaram nessa nova etapa: à Professora Denise, que despertou a minha admiração e motivação pelas Teorias da Aprendizagem e por ter aceitado contribuir significativamente com este trabalho. Aos professores João Ricardo; Marco Aurélio e Rodrigo Lima pelas excelentes contribuições para a pesquisa e minha construção no caminho do professorar.

E em especial ao Professor Newton, que aceitou meu tímido convite para ser meu orientador por e-mail, quando eu ainda era uma ex-aluna assustada e medrosa frente aos desafios da pós-graduação. Transformou-se na pessoa-profissional que eu admiro e desejo ser: um especialista e um humano, mas não um ser polarizado. Com uma incrível jornada, conhecimento e experiência, não só me orientou, como contribuiu significativamente para a minha construção. Newton merece uma medalha do Nobel pelo professor humano que é.

Aos amigos que me acompanharam durante essa etapa, apoiaram, incentivaram e tornaram meus dias mais leves e especiais:

Às minhas meninas: Ana, que construiu e desconstruiu muitas coisas-sentimentos em mim, tornando-me um ser humano mais humano e crítico; e Isadora, por ter trilhado mais essa etapa comigo e ser a melhor criação da minha mente (risos). E por nossos cafés intermináveis e polêmicos.

Ao Natan, meu irmãozão. Se não fosse a sua resistência e impaciência, eu teria desacreditado em muitos momentos. Natan continua sendo o melhor presente que eu ganhei nessas terras.

À Adeline, Brenda, Mariana, Paula e Thainá. Mulheres que, ao entrarem na minha vida, me ensinaram muito sobre empoderamento e resistência. Me incentivaram e ensinaram, entre tantas coisas, a olhar para mim mesma com olhos mais gentis. É com muito orgulho e admiração que eu carrego um pouquinho da força de vocês em mim. E comigo vocês vão.

Ao Abhner, Ana, Jão, João e Lucas. Pelas melhores conversas filosóficas, questionamentos, polêmicas, cafés, tererés, seis litrões, lágrimas em bares e muitas, muitas risadas.

Aos que foram plurais: Carlos, pelos momentos de leveza, perspectivas e diversão; e Marcos, pelo melhor agradecimento que ficou perdido no limbo de nossas memórias.

Ao forró de segunda, por toda a leveza que me ensinou a ter durante os momentos de peso. Pelas incríveis horas que eu passei em cima da meia ponta e, entre giros, manivelas e sacadas, fiz amigos que levarei para o resto da minha vida. Aprendi muito mais que ritmo e serei muito grata por isso, ainda que minha dança continue fora dos padrões forró de segunda.

Também às minhas janelas e sacadas que abrigaram e confidenciaram os meus mais loucos e sórdidos pensamentos e também as mais deliciosas inspirações. Ao Zeca Baleiro, 5 a Seco, Emicida, Criolo e Tom Waits, principais trilhas sonoras da minha vida e embalos de escrita nas madrugadas a dentro.

E, por fim, à Deus, Oxalá. Iemanjá. Oxum. Ogum. Entidades que eu perdi e encontrei diversas vezes durante a minha construção como cientista. Hoje creio, mas sem nunca deixar de questionar.

– Quarenta e dois! – berrou Loonquawl. – É tudo que você tem a nos dizer depois de sete milhões e quinhentos mil anos de trabalho?

– Eu verifiquei cuidadosamente – disse o computador –, e não há dúvida de que a resposta é essa. Para ser franco, acho que o problema é que vocês jamais souberam qual é a pergunta.

– Mas era a Grande Pergunta! A Questão Fundamental da Vida, o Universo e Tudo Mais – gritou Loonquawl.

– É – disse Pensador Profundo, com um tom de voz de quem tem enorme paciência para aturar pessoas estúpidas –, mas qual é exatamente a pergunta?

Um silêncio de estupefação aos poucos dominou os homens, que olharam para o computador e depois se entreolharam.

Douglas Adams em O Guia do Mochileiro das Galáxias, 1979

LISTA DE ABREVIATURAS

AST927 – Introdução à Astronomia

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

BLI – Ciências Biológicas Licenciatura

CAT – Ciências Atmosféricas Bacharelado

CNE – Conselho Nacional de Educação

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

EsM – Ensino sob Medida

EMT – Engenharia de Materiais

FAI – Física Auto Instrutiva

FBA – Física Bacharelado

FLI – Física Licenciatura

IpC – Instrução pelos Colegas

JiT – *Just-in-Time Teaching*

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

PI – *Peer Instruction*

PSSC – *Physical Science Study Commite*

QLI – Química Licenciatura

TL – Tarefas de Leitura

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Diagrama do método <i>Peer Instruction</i>	26
Figura 02 Metodologias EsM e IpC utilizadas em consonância.....	29
Figura 03. Percentual de alunos de AST927 de acordo com o curso.....	45
Figura 04. Metodologia da aplicação das questões conceituais.....	47
Figura 05. As fichas de votações.....	49
Figura 06. Acervo das fichas de votações utilizadas no semestre.....	50
Figura 07. Percentuais de acertos para Q01 e Q02; Q06 e Q07.....	54
Figura 08. Percentuais de acertos para Q09 e Q10; Q14 e Q15.....	57
Figura 09. Percentuais de acertos para Q17 e Q18; Q22 e Q23.....	59
Figura 10. Percentuais de acertos para Q30 e Q31; Q25 e Q26.....	61
Figura 11. Percentuais de acertos para Q36 e Q37; Q33 e Q34.....	64
Figura 12. Sala de aula utilizada nas (a) quartas-feiras (b) segundas-feiras.....	66
Figura 13. Percentuais de acertos para Q41 e Q42; Q46 e Q47.....	66
Figura 14. Percentuais de acertos para Q49 e Q50; Q54 e Q55.....	69
Figura 15. Percentuais de acertos para Q57 e Q58; Q62 e Q63.....	71
Figura 16. Percentuais de acertos para Q65 e Q66; Q70 e Q71.....	74
Figura 17. Percentuais de acertos para Q73 e Q74; Q78 e Q79.....	76
Figura 18. Resultados segunda votação em função da primeira votação.....	79
Figura 19. Aplicação 06 – Efemérides do Sol.....	80
Figura 20. Aplicação 01 – Coordenadas Celestes.....	81
Figura 21. Avaliação da disciplina – Primeira Parte.....	83
Figura 22. Percentuais para a pergunta 04.....	84
Figura 23. Avaliação da disciplina – Segunda Parte.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Exemplo de par isomórfico.....	31
Quadro 02. Modelo de tabela de contingência para organização dos dados.....	33
Quadro 03. Exemplo a partir das Questões 01 e 02.....	34
Quadro 04. Dados para a combinação 01.....	35
Quadro 05. Dados para a combinação 02.....	36
Quadro 06. Dados para a combinação 03.....	36
Quadro 07. Dados para a combinação 04.....	36
Quadro 08. Questões 01 e 02.....	52
Quadro 09. Questões 06 e 07.....	52
Quadro 10. Dados obtidos para as Questões 01 e 02.....	52
Quadro 11. Dados obtidos para as Questões 06 e 07.....	52
Quadro 12. Questões 09 e 10.....	55
Quadro 13. Questões 14 e 15.....	55
Quadro 14. Dados obtidos para as Questões 09 e 10.....	56
Quadro 15. Dados obtidos para as Questões 14 e 15.....	56
Quadro 16. Questões 17 e 18.....	57
Quadro 17. Questões 22 e 23.....	58
Quadro 18. Dados obtidos para as Questões 17 e 18.....	58
Quadro 19. Dados obtidos para as Questões 22 e 23.....	58
Quadro 20. Questões 30 e 31.....	60
Quadro 21. Questões 25 e 26.....	60
Quadro 22. Dados obtidos para as Questões 30 e 31.....	61
Quadro 23. Dados obtidos para as Questões 25 e 26.....	61
Quadro 24. Questões 36 e 37.....	62
Quadro 25. Questões 33 e 34.....	62
Quadro 26. Dados obtidos para as Questões 36 e 37.....	62
Quadro 27. Dados obtidos para as Questões 33 e 34.....	62
Quadro 28. Questões 41 e 42.....	64
Quadro 29. Questões 46 e 47.....	64
Quadro 30. Dados obtidos para as Questões 41 e 42.....	65
Quadro 31. Dados obtidos para as Questões 46 e 47.....	65
Quadro 32. Questões 49 e 50.....	67

Quadro 33. Questões 54 e 55.....	67
Quadro 34. Dados obtidos para as Questões 49 e 50.....	68
Quadro 35. Dados obtidos para as Questões 54 e 55.....	68
Quadro 36. Questões 57 e 58.....	70
Quadro 37. Questões 62 e 63.....	70
Quadro 38. Dados obtidos para as Questões 57 e 58.....	71
Quadro 39. Dados obtidos para as Questões 62 e 63.....	71
Quadro 40. Questões 65 e 66.....	72
Quadro 41. Questões 70 e 71.....	73
Quadro 42. Dados obtidos para as Questões 65 e 66.....	73
Quadro 43. Dados obtidos para as Questões 70 e 71.....	73
Quadro 44. Questões 73 e 74.....	74
Quadro 45. Questões 78 e 79.....	75
Quadro 46. Dados obtidos para as Questões 73 e 74.....	75
Quadro 47. Dados obtidos para as Questões 78 e 79.....	75
Quadro 48. Enunciados Q25; Q26 e Q27.....	82
Quadro 49. Enunciados Q36; Q37 e Q38.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Características das Metodologias Tradicional e Ativa.....	18
Tabela 02. Ementa da disciplina de AST927 (2018.2).....	44
Tabela 03. Aplicações do <i>Peer Instruction</i> em AST927.....	46
Tabela 04. Resultados Teste Binomial Q01 e Q02; Q06 e Q07.....	53
Tabela 05. Resultados Teste Binomial Q09 e Q10; Q14 e Q15.....	56
Tabela 06. Resultados Teste Binomial Q17 e Q18; Q22 e Q23.....	58
Tabela 07. Resultados Teste Binomial Q25 e Q26; Q30 e Q31.....	61
Tabela 08. Resultados Teste Binomial Q33 e Q 34; Q36 e Q37.....	63
Tabela 09. Resultados Teste Binomial Q41 e Q42; Q46 e Q47.....	65
Tabela 10. Resultados Teste Binomial Q49 e Q50; Q54 e Q55.....	68
Tabela 11. Resultados Teste Binomial Q57 e Q58; Q62 e Q63.....	71
Tabela 12. Resultados Teste Binomial Q65 e Q66; Q70 e Q71.....	73
Tabela 13. Resultados Teste Binomial Q73 e Q74; Q78 e Q79.....	75
Tabela 14. Resultados Teste Binomial.....	78
Tabela 15. Teste Binomial – Aplicação 06 – Efemérides do Sol.....	80
Tabela 16. Avaliação – Moodle.....	84
Tabela 17. Avaliação – Atividades em Equipe.....	85
Tabela 18. Avaliação – Metodologia <i>PI</i>	86

RESUMO

Com uma sociedade permeada de complexidades e em constante evolução, a Educação encontra-se em contexto análogo: as informações estão dispostas ao alcance da maioria das pessoas, com maior fluidez, fazendo com que as relações entre professor e estudante frente ao conhecimento exijam uma nova postura. O como ensinar deve ser pensado na perspectiva de quem a ele é destinado. Há um dever de focar no protagonismo, motivação e autonomia dos estudantes, de modo que as suas opiniões devam ser escutadas e valorizadas, encorajando-os e oportunizando que estes manifestem-se. Nesse contexto encontram-se as metodologias ativas de ensino, em específico a metodologia *Peer Instruction*, que desloca os estudantes para o centro do processo de construção do conhecimento, tornando-os protagonistas da sua própria aprendizagem. Renova-se também o papel do professor, tendo este um caráter ativo e decisivo na criação e manutenção de uma sala de aula ativa. Utilizadas com sucesso em diversas áreas do conhecimento, as metodologias ativas apresentam o potencial de despertar sentimentos de engajamento, persistência nos estudos, desenvolvimento do raciocínio lógico, entre outras, tornando-se uma opção viável e interessante para ser utilizada em ambientes formais de educação. Embora a literatura apresente vários relatos da aplicação e eficácia da metodologia *Peer Instruction*, há poucos trabalhos que trazem uma aproximação com teorias da aprendizagem. Assim a presente pesquisa tem por objetivo fazer a aproximação entre a metodologia ativa *Peer Instruction* e a teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Portanto traçou-se o acompanhamento de uma disciplina do Ensino Superior elaborada aos moldes da metodologia *Peer Instruction*. Tal disciplina acontece sobre o cenário da Astronomia, devido a sua significativa importância, visto que é considerada interdisciplinar por excelência, além de favorecer o desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes, exposição de ideias, formulação de hipóteses, defesa de argumentos e contra-argumentos, o que condiz com os pressupostos das metodologias ativas apresentados neste trabalho. A partir de apontamentos em diário de campo e coleta de dados em sala de aula, analisou-se a eficácia da metodologia por meio de um teste estatístico. Foram analisadas as respostas de vinte pares de questões conceituais, aplicadas ao longo de um semestre, dos quais 16 apresentaram um impacto significativo em decorrência da interação entre estes estudantes. Partindo desses resultados fez-se então a aproximação entre a metodologia *Peer Instruction* e os principais conceitos compreendidos na teoria de Vygotsky. Também analisou-se, a partir de um questionário, a opinião dos alunos a respeito da metodologia vivenciada na disciplina.

Palavras-chave: Metodologias Ativas; *Peer Instruction*; Teoria Sociointeracionista de Vygotsky; Ensino de Astronomia.

ABSTRACT

Within a society permeated by complexities and constantly evolving, Education finds itself in a similar context: information is available to most people, with greater fluidity, making the relationship between teacher and student facing knowledge demand a new posture. How to teach should be thought from the perspective of who is the audience. It is necessary to focus on the protagonism, motivation and autonomy of the students, so that their opinions should be listened to and valued, encouraging them and giving them opportunities to manifest themselves. In this context are included the active teaching methodologies, in particular the Peer Instruction methodology, which moves the students to the center of the process of knowledge construction, making them the protagonists of their own learning. It also renews the role of the teacher, who has an active and decisive responsibility in creating and maintaining an active classroom. Successfully used in several areas of knowledge, active methodologies present the potential to raise feelings of commitment, persistence in studies, development of logical reasoning, among others, making it a viable and interesting option to be used in formal education environments. Although the literature presents several reports on the application and effectiveness of the Peer Instruction methodology, there are few papers that establish a relationship with learning theories. Thus this research aims to make an approximation between Peer Instruction and Vygotsky's Social interactionist Theory. Therefore, the monitoring of a Higher Education discipline elaborated according to the Peer Instruction methodology is presented. This discipline subject is Astronomy, due to its significant importance, since it is considered interdisciplinary par excellence, besides favoring the development of students' logical reasoning, exposition of ideas, formulation of hypotheses, defense of arguments and counterarguments, which is consistent with the assumptions of the active methodologies presented in this research. From field diary notes and data collection in the classroom, the effectiveness of the methodology was analyzed through a statistical test. We analyzed the answers of twenty pairs of conceptual questions, applied during one semester, of which 16 had a significant impact as a result of the interaction among these students. Based on these results, an approach between the Peer Instruction methodology and the main concepts included in Vygotsky's theory was made. We also analyzed, from a questionnaire, the students' opinion about the methodology applied in the discipline.

Keywords: Active methodologies; Peer Education; Vygotsky's Social interactionist Theory; Teaching of Astronomy.

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	15
2. INTRODUÇÃO	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1. O MÉTODO <i>PEER INSTRUCTION</i>	24
3.2. O MÉTODO <i>JUST-IN-TIME TEACHING</i>	27
3.3. AS QUESTÕES CONCEITUAIS E AS QUESTÕES ISOMÓRFICAS	30
3.4. O TESTE ESTATÍSTICO BINOMIAL.....	32
4. REFERENCIAL TEÓRICO	38
4.1. A TEORIA DE APRENDIZAGEM DE VYGOTSKY	38
5. METODOLOGIA	44
6. RESULTADOS	51
6.1. O TESTE ESTATÍSTICO BINOMIAL.....	51
6.1.1. Aplicação 01 – Coordenadas Celestes.....	51
6.1.2. Aplicação 02 – Coordenadas Celestes.....	54
6.1.3. Aplicação 03 – Movimento dos Planetas	57
6.1.4. Aplicação 04 – Movimento dos Planetas	59
6.1.5. Aplicação 05 – Leis de Kepler	61
6.1.6. Aplicação 06 – Efemérides do Sol	64
6.1.7. Aplicação 07 – Estações do Ano	66
6.1.8. Aplicação 08 – Tempo	69
6.1.9. Aplicação 09 – Efemérides da Lua.....	72
6.1.10. Aplicação 10 – Fases da Lua e Eclipses	74
6.2. ISOMORFISMO	79
6.3. AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PELOS ALUNOS.....	82
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE A – QUESTÕES CONCEITUAIS UTILIZADAS EM AST927	95
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	105
APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA	107

1. APRESENTAÇÃO

Tornei-me cientista no escoar das noites em que acompanhava meu avô assistir a eclipses ou ao simples e exuberante céu estrelado. Não foi de chofre. Primeiro o simples fenômeno da Lua passar pela sombra da Terra me causava medo. Pairava em mim, ao ver a Lua inteira ser engolida por uma sombra, certo misticismo, insignificância da raça humana legada com eventos estrondosos como tal. Depois meu avô me ensinou a encontrar a constelação do Cruzeiro do Sul, o verdadeiro. Sei ver em um relance, olhos acostumados, se é o Cruzeiro verdadeiro ou o falso. Então eu quis eclipses solares, cometas e estrelas cadentes, eventos que só com muita paciência e sorte se alcança. Mas, foi em 2003 que a cientista que já se hospedara timidamente em mim falou alto bom som: quero conhecer o infinito. No telejornal uma notícia avassaladora da qual julgo que nenhuma pessoa em sã consciência encararia com frivolidade: um planeta de tom avermelhado estava em proximidade máxima com a Terra. Não me delonguei, peguei logo a câmera filmadora da minha avó, a mais alta tecnologia presente naquela casa arcaica de artistas em que cresci, e aponte para o ponto avermelhado que se destacava com maestria no firmamento. Apliquei todo o zoom que a filmadora permitia. Eu não sabia o que era zoom e quais as proporções quilométricas das distâncias da minha casa e aquele planetinha, então ele continuava a ser assim: um ponto avermelhado, e só. Então eu quis mais. Questionei meus professores, assisti a séries em fitas VHS e depois no YouTube e na Netflix. Encarei as lentes dos mais refinados telescópios ao meu alcance, andei na cúpula do telescópio das terras sul-mineiras. Vi a ciência evoluir cada vez mais na nitidez da nossa visão em relação ao cosmos. A minha visão também se tornou cada vez mais nítida, só enxergar e conhecer os eventos não me bastava, eles precisavam ser incutidos e discutidos, fazer despertar o cientista nas mentes dos viajantes desse mundo azul. Foi assim que a licenciatura se instalou em mim. Sou esse ser incompleto, um quarto de cientista, um quarto de humanas e um quarto de artista, deslumbrada com esse céu que me fez chegar aqui e querer que outras pessoas se achegassem também. É nossa responsabilidade preservar nossa única casa, esse pequeno e pálido ponto azul ainda que nossos anseios pareçam tão mesquinhos diante da escala cósmica. Evoluímos quando começamos a questionar e agora os tempos são infaustos. Terminar mais essa etapa foi tão lindo quanto difícil e o futuro se mostra um tanto inóspito. Mas finalizo-a com a consciência de que, ainda que o caminhar seja longo e árduo, sempre podemos somar os pedaços artistas, humanos, científicos e quantos mais existirem e fazer uma nova revolução copernicana, um recomeço. Deslocar para o centro do nosso universo a vontade e a ação para que o mundo, com professores

e estrelas, seja mais questionável. E questionar verdades instauradas e utopias fracassadas para fazer da ruína a construção de uma nova alvorada onde mundo volte a se tornar mais habitável.

2. INTRODUÇÃO

Em 1996, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – Lei 9.394/96) implementou reformas educacionais atribuindo à União a responsabilidade de estabelecer diretrizes para a Educação Básica, com o objetivo de compor uma formação básica comum (BRASIL, 2013). Exercida pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), houve então a formulação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e instruções por meio dos documentos oficiais: Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), consideradas como:

[...] conjunto de definições doutrinárias sobre princípios, fundamentos e procedimentos na Educação Básica [...] que orientarão as escolas brasileiras dos sistemas de ensino, na organização, na articulação, no desenvolvimento e na avaliação de suas propostas pedagógicas (BRASIL, 2013, p. 7).

Nesse sentido, com a intenção de adequar-se à nova realidade no país, com a atualização das políticas educacionais, a Educação Básica deixou de ser apenas uma etapa conclusiva e preparatória para o Ensino Superior ou Profissionalizante e passou a ser a principal responsável pela preparação para a vida e cidadania, contribuindo para o aprendizado permanente (BRASIL, 1996; 2013). Assim como observado por Berbel (2011, p. 26):

[...] podemos compreender pelos textos da Lei, que a escola tem a incumbência de atuar para promover o desenvolvimento humano, a conquista de níveis complexos de pensamento e de comprometimentos em suas ações.

Porém, segundo Berbel (2011) ainda existe, nos discursos dos estudiosos da educação, a ideia de que há diversos obstáculos para chegar-se nessa etapa em que a escola deixa de ser apenas uma etapa preparatória para o mercado de trabalho e passa a ter um impacto emancipatório, incentivando o raciocínio crítico dos alunos para que estes participem, interfiram e construam a realidade.

Com uma sociedade permeada de complexidades e em constante evolução, a Educação encontra-se em contexto análogo (BAUMAN, 2009). As informações estão dispostas ao alcance da maioria das pessoas, com maior fluidez, fazendo com que as relações entre professor e estudante frente ao conhecimento exijam uma nova postura, imbuída das dimensões éticas e políticas contemporâneas. O como ensinar deve ser pensando na perspectiva de quem a ele é destinado. Há um dever de focar no protagonismo, motivação e autonomia dos estudantes, de modo que as suas opiniões devam ser escutadas e valorizadas, encorajando-os e oportunizado que estes manifestem-se. Nesse cenário encontram-se as metodologias ativas de ensino. Elas colocam sob responsabilidade do estudante:

leitura, pesquisa, comparação, observação, imaginação, obtenção e organização dos dados, elaboração e confirmação de hipóteses, classificação, interpretação, crítica, busca de suposições, construção de sínteses e aplicação de fatos e princípios a novas situações, planejamento de projetos e pesquisas, análise e tomadas de decisões (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017, p. 274).

Entende-se que o ensino tido como tradicional é aquele realizado de forma expositiva. O professor é detentor do conhecimento e irá transmiti-lo ao estudante em forma de exposições orais. Já o estudante irá assistir tais exposições e palestras de forma passiva. Não cabendo interações mais complexas em tal metodologia.

A diferença entre a metodologia tradicional e as metodologias ativas, segundo Berbel (2011), repousa sobre o papel em que professor e estudante desempenham frente ao conhecimento. Diferentemente da metodologia tradicional, em que a postura do estudante é passiva, o objetivo das metodologias ativas é engajar os estudantes no processo de aprendizagem, como exemplificado na Tabela 01.

Tabela 01: Características das Metodologias Tradicional e Ativa

	Metodologia Tradicional	Metodologia Ativa
Professor	Detentor do conhecimento que irá ser transmitido ao estudante por meio de aulas expositivas e materiais didáticos	Mediador e orientador, incentiva e valoriza a participação ativa dos estudantes
Estudante	Espectador e receptor do conteúdo	Construtor do seu próprio conhecimento

Fonte: Elaborada pela autora a partir de Berbel (2011) e Gauthier (2010).

Importante salientar que não se sugere aqui que o ensino oferecido hoje seja ineficaz ou inapropriado, mas que o desenvolvimento das capacidades humanas de pensar, sentir e agir se torna cada vez mais profundo e complexo, devido às questões do contexto sociocultural em que se vive, o que demanda a promoção e organização de novas práticas educacionais, tendo que o conhecimento é um organismo vivo e que também está em constante transformação e evolução. Dessa forma há uma necessidade em ir além da metodologia tradicional e a posição de espectador em que ela coloca o aluno e compreender que as metodologias ativas apresentam o potencial de despertar a curiosidade nos estudantes, sentimentos de engajamento, percepção de competências e de pertencimentos, persistência nos estudos, entre outras, tornando-se uma opção viável e interessante para ser utilizada em ambientes formais de educação (BERBEL, 2011).

Para que os estudantes possam exercer tal postura exige-se do professor uma postura mais complexa. Ele não será um transmissor de conteúdos. Também exercerá uma postura ativa,

que irá proporcionar um ambiente propício para que os alunos sejam ativos, orientando-os caso necessário e estimulando o pensamento crítico. Tal postura, de ambos, é determinante para o exercício da autonomia no futuro, assim como observado por Jófili (2002, p. 196):

[...] é dever do professor assegurar um ambiente dentro do qual os alunos possam reconhecer e refletir sobre suas próprias ideias; aceitar que outras pessoas expressem pontos de vistas diferentes dos seus, mas igualmente válidos e possam avaliar a utilidade dessas ideias em comparação com as teorias apresentadas pelo professor.

Primeiro há a necessidade de conhecimento, problematização e reflexão a respeito da realidade a fim de ter consciência dela. De modo que ao construir o conhecimento, o estudante deve ser capaz de articular o conhecimento construído com as possibilidades reais de aplicação prática, de maneira contextualizada:

[...] a medida que são oportunizadas situações de aprendizagem envolvendo a problematização da realidade em que esteja inserido, nas quais o estudante tenha papel ativo como protagonista do seu processo de aprendizagem, interagindo com o conteúdo ouvindo, falando, perguntando e discutindo, estará exercitando diferentes habilidades como refletir, observar, comparar, inferir, dentre outras, e não apenas ouvido aulas expositivas, muitas vezes mais monologadas que dialogadas (DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017, p. 276).

Importante salientar que ao colocar o estudante do centro do processo de construção do conhecimento não implica em reduzir a importância do professor. Ambos estarão envolvidos ativamente com o processo de aprendizagem; ambos serão responsáveis por inovar o cenário educacional.

Se antes se desejava apenas transmitir o conhecimento, de maneira padronizada, hoje há necessidade de promover competências e que estas, preferencialmente, articulem conhecimentos de diversas áreas, dando um contexto social (BERBEL, 2011; BRASIL, 2002).

Como não há uma definição única para competências (BRASIL, 2002), tendo-as como qualificações humanas para a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, considera-se aqui, a partir do PCN+ e da estrutura do Exame Nacional do Ensino Médio, que existam cinco conjuntos de competências:

- Dominar diferentes linguagens (desde idiomas às representações artísticas e matemáticas);
- Compreender processos (sociais, naturais, culturais, tecnológicos);
- Diagnosticar e enfrentar problemas reais;
- Construir argumentações;
- Elaborar proposições solidárias;

Tais competências relacionam-se com um número bem maior de habilidades e de maneira geral entende-se a habilidade como uma competência específica (BRASIL, 2002).

Em um estudo realizado por Reeve (2009, apud BERBEL, 2011, p. 28) constatou-se que alunos que têm o sentimento de autonomia em sua caminhada escolar apresentam resultados positivos em relação:

1. à motivação (apresentando motivação intrínseca, a percepção de competência, pertencimento, curiosidade, internalização de valores);
2. ao engajamento (com emoções positivas, persistência, presença nas aulas, não reprovam ou se evadem da escola);
3. ao desenvolvimento (evidenciando autoestima, autovalor, preferência por desafios ótimos, criatividade);
4. à aprendizagem (melhor entendimento conceitual, processamento profundo de informações, uso de estratégias autorreguladas);
5. à melhoria do desempenho em notas, nas atividades, nos resultados em testes padronizados); e
6. ao estado psicológico (apresentando indicadores de bem-estar, satisfação com a vida, vitalidade).

Nesse cenário as Metodologias Ativas trazem uma perspectiva sobre a inter-relação entre professor, estudantes e conhecimento de forma a contribuir significativamente para a conquista dos pontos acima elucidados e desejados.

Em uma revisão realizada por Müller et al. (2017) sobre a Metodologia Ativa *Peer Instruction (PI)*, em específico e que foi utilizada durante esta pesquisa, elucida-se que a aplicação de tal metodologia contribui efetivamente para alcançar essa etapa desejável de autonomia e significância na construção do conhecimento dos estudantes, além de outros impactos positivos como destacados:

[...] podemos perceber que o PI tem produzido, em diversas áreas do conhecimento, resultados extremamente positivos quanto a aprendizagem conceitual dos estudantes. Tal impacto é acompanhado por um aumento nas habilidades dos estudantes em resolver problemas. Algumas consequências do aumento na aprendizagem conceitual, bem como habilidades de resolução de problemas, podem ser percebidas no aumento do desempenho acadêmico dos estudantes, no aumento da retenção dos estudantes nas disciplinas e nos cursos que almejam graduarem-se, e no desenvolvimento de habilidades metacognitivas. Outros resultados positivos incluem o desenvolvimento de crenças e atitudes extremamente positivas em relação ao método, um aumento na motivação dos estudantes para aprender e desenvolvimento de maiores níveis de autoeficácia (MÜLLER et al., 2017, p. 14).

As Metodologias Ativas manifestam-se, assim, a favor de uma “revolução copernicana do ensino” (GAUTHIER, 2010, p. 166), deslocando para o centro do processo de construção do conhecimento o estudante, tornando-o protagonista da sua própria aprendizagem. Renova-se também o papel do professor, tendo este um caráter ativo e decisivo na criação e manutenção de uma sala de aula ativa. A consequência da adoção de tais posturas vem em um aumento na aprendizagem conceitual; no desenvolvimento de habilidades sociais; no aumento do nível de confiança dos estudantes em relação às suas respostas; contribuição para a resolução de problemas e na resolução de problemas inéditos, ou seja, na aplicação efetiva do conhecimento

construído. Também se constata que o desenvolvimento da autonomia dos estudantes contribui significativamente para aumento da sua responsabilidade e aprendizagem ao longo das disciplinas, melhorando sua performance acadêmica. Müller et al. (2017) destacam, também, em sua revisão que o método *PI* possui grande aceitação entre os estudantes e diminui substancialmente a evasão.

Nesse contexto, a Astronomia tem significativa importância na Educação, visto que é considerada interdisciplinar por excelência (LANGHI; NARDI, 2014; SOBREIRA, 2002). Além de outras qualidades e justificativas para ensiná-la (SOLER; LEITE, 2012), Scarinci e Pacca (2006) destacam que divulgar e ensinar Astronomia favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico dos estudantes, assim como a exposição de ideias, formulação de hipóteses, defesa de argumentos e contra-argumentos, o que condiz com os pressupostos das metodologias ativas a serem apresentadas neste trabalho. Como destacado no trecho abaixo, do PCN+, é desejável e recomendado que haja tal desenvolvimento no sentido crítico, privilegiando a discussão nos espaços de educação:

É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2002, p. 84).

As metodologias ativas vêm sendo utilizadas com sucesso em diversas áreas do conhecimento e, embora a literatura apresente vários relatos da aplicação dessas metodologias (ARAÚJO; MAZUR, 2013; JAMES, 2006; LENAERTS; WIEME; VAN ZELE, 2002; MÜLLER et al., 2017; SMITH et al., 2009; SMITH et al., 2011; VICKREY et al., 2015; ZINGARO; PORTER, 2014), há poucos trabalhos que trazem uma aproximação com teorias da aprendizagem.

Frente à grande quantidade de trabalhos que investigaram os impactos da adoção do *PI* em termos de aprendizagem dos estudantes, poucos valeram-se de referenciais teóricos de aprendizagem para subsidiar os achados empíricos (Müller et al., 2017, p. 17).

Dos 72 trabalhos investigados por Müller et al. (2017) apenas dez trabalhos mencionam explicitamente a adoção de um referencial teórico: Teoria Social Cognitiva de Bandura (dois trabalhos); Modelo de Recursos para Aprendizagem de Hammer (dois trabalhos); Conceito de Normas Sociais (um trabalho); Redes Neurais (um trabalho); Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Bloom (um trabalho). Há um número ainda menor de trabalhos que citam alguma teoria da aprendizagem: Mudança Conceitual de Posner (um trabalho); a Teoria das Hierarquias de Aprendizagem de Gagné (um trabalho); Zona de Desenvolvimento Proximal

de Vygotsky (um trabalho). Analisando as áreas contempladas com os artigos de revisão de Müller et al. (2017) e Vickrey et al. (2015) percebe-se que há um número muito pequeno de trabalhos na área de Astronomia, fazendo dessa área de pesquisa um caminho promissor.

Nesse sentido, este trabalho pretende contribuir para a área, tanto em questões de acervo, com a elaboração de um banco de questões conceituais de Astronomia para serem utilizadas com a metodologia ativa *Peer Instruction*, quanto para estabelecer um diálogo entre a metodologia e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Essa contribuição terá como cenário o ensino de Astronomia ao analisar, através de acompanhamento e apontamentos em diário de campo, da aplicação da metodologia em uma turma da disciplina de Introdução à Astronomia (AST927), oferecida pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

É interessante evidenciar, a respeito da importância e oportunidade de fazer a aproximação entre a teoria de Vygotsky e a metodologia ativa utilizada na pesquisa, que segundo Rego (2013, p. 103), “não é possível encontrar, nas suas teses (como em outras propostas teóricas), soluções práticas ou instrumentos metodológicos de imediata aplicação na prática educativa cotidiana”.

Portanto o objetivo geral que fundamenta a presente pesquisa é realizar uma aproximação entre a metodologia ativa *Peer Instruction* e a teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Para tanto delineou-se por objetivos específicos:

- Elaborar um banco de questões conceituais de Astronomia para ser utilizada com a metodologia *Peer Instruction*;
- Identificar os pressupostos subjacentes às metodologias ativas utilizadas;
- Identificar os principais conceitos da teoria Sociointeracionista de Vygotsky;
- Quantificar a eficácia da interação entre os alunos por meio de um teste estatístico;
- Realizar aproximações entre os pressupostos subjacentes às metodologias ativas e os principais conceitos da teoria Sociointeracionista de Vygotsky ao analisar os resultados obtidos a partir da implementação da metodologia ativa.

Após a perante justificativa da realização e relevância da presente pesquisa, bem como seus objetivos, a sua disposição dar-se-á da seguinte forma: aos Capítulos 3 e 4 reserva-se a Revisão da Literatura e Referencial Teórico, respectivamente. A metodologia discorrer-se-á no Capítulo 5. Os resultados obtidos e discutidos estão dispostos no Capítulo 6. Realizar-se-ão Considerações Finais no Capítulo 7, seguidas pelas referências utilizadas durante toda a pesquisa.

Já as Questões Conceituais elaboradas e utilizadas na disciplina estão transcritas no Apêndice A. Ao Apêndice B reservou-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi assinado pelos alunos no início da pesquisa. No Apêndice C encontram-se as perguntas da avaliação realizada no final da disciplina.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. O MÉTODO *PEER INSTRUCTION*

Entre as técnicas encontradas dentro da categoria de metodologias ativas está o *Peer Instruction (PI)*, criado por Eric Mazur, na Universidade Harvard, na década de 1990. Idealizado para cursos introdutórios de Física (MAZUR, 2015) e traduzido como: *Aprendendo com os Colegas* ou ainda *Instrução pelos Colegas*, a técnica traz em sua proposta envolver o aluno intensivamente no processo de construção do conhecimento. Tem por objetivo a aprendizagem através de questionamentos focando, para isso, na interação entre os estudantes.

A abordagem da metodologia pode ser detalhada, tipicamente, em cinco etapas:

1. Em uma etapa anterior à aula, os estudantes realizam um estudo prévio com um material disponibilizado pelo professor.

Tal material pode ser desde textos e capítulos de livros didáticos, quanto simulações, vídeos disponibilizados na internet, videoaulas, fragmentos de filmes ou documentários. Apenas indica-se que o material aborde um ou mais conceitos que serão tratados na próxima aula presencial, dando oportunidade ao aluno para refletir sobre ele. Fica a critério do professor como disponibilizará a atividade, assim como o tempo para a sua realização.

2. Em sala, o professor realiza uma pequena apresentação oral (aproximadamente 15 minutos) sobre o tópico abordado no estudo prévio.

Como o aluno já teve contato com o conceito, a exposição oral realizada pelo professor tem por objetivo introduzir a questão conceitual e dirimir alguma dúvida que tenha ficado entre os estudantes.

3. O professor propõe uma questão conceitual de múltipla escolha.

Tal questão conceitual é escolhida previamente pelo professor. É importante que ela converse com o material disponibilizado e com a exposição oral realizada em sala de aula.

4. Os estudantes escolhem, individualmente, a resposta que julgam correta e, dependendo do percentual de acertos da classe, abre-se uma discussão entre eles.

Os alunos têm, aproximadamente, dois minutos para responderem a cada questão conceitual e pensarem em argumentos e justificativas para a sua escolha. A coleta das respostas pode ser feita por *flashcards*¹, fichas individuais de papel, *clickers*² ou telefones celulares.

¹ Cartões respostas padronizados.

² Espécie de controle remoto individual que comunica, por radiofrequência, com o dispositivo do professor, mapeando em tempo real as respostas dos estudantes (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Interessante salientar que a aprendizagem independe do método de coleta de resposta (LASRY, 2008). Após o mapeamento das respostas dos estudantes, dependendo do percentual de acertos, o professor adotará um entre três possíveis procedimentos:

- Se o percentual de acertos for superior a 70%, o professor conclui o tópico com uma breve discussão e passa para o próximo tópico, seguindo o mesmo procedimento.
- Se o percentual não atingir 30%, o professor explica novamente o tópico através de uma nova apresentação oral e propõe uma nova questão conceitual, reiniciando o processo.
- Se, no entanto, o percentual atingindo na votação ficar entre 30% e 70%, o professor orienta os estudantes a buscarem um colega que tenha escolhido uma resposta diferente da sua para que discutam entre si, tentando convencer um ao outro sobre qual é a resposta correta. Após a interação, o professor refaz a votação com a mesma questão. Se julgar necessário pode explicar a questão e/ou apresentar novas questões sobre o mesmo tópico, ou pode passar para um novo tópico.

Esta última etapa é o núcleo da metodologia. Ela que, se realizada com sucesso, irá contribuir para a internalização dos conceitos trabalhados, permitindo uma melhora na construção do conhecimento.

5. O professor finaliza o tópico com uma síntese.

Finalizando, o professor pode explicar brevemente o conceito e iniciar um novo tópico e reiniciar o processo.

A Figura 01 traz uma exemplificação do método

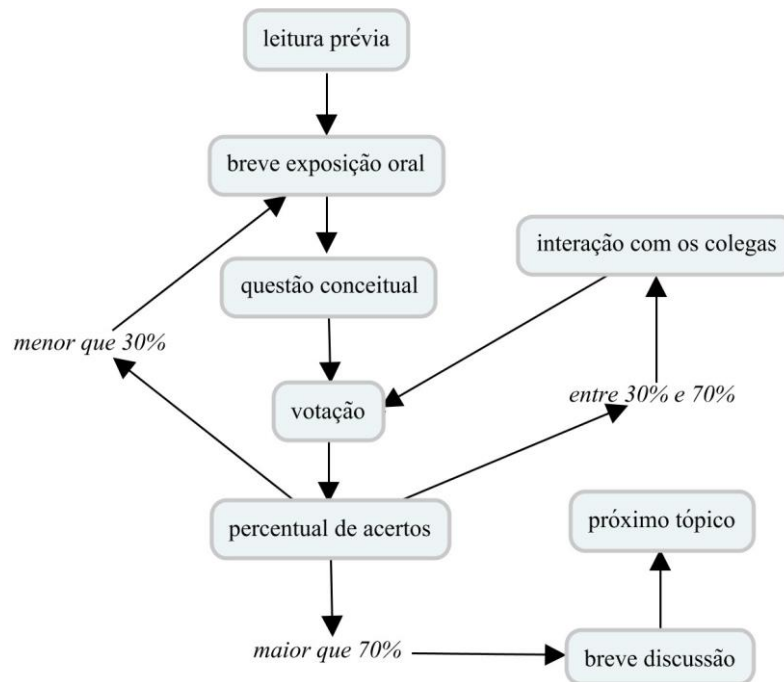


Figura 01: Diagrama do método *Peer Instruction*. Elaborado pela autora, 2019

É considerado uma metodologia ativa de aprendizagem, pois tanto o estudante quanto o professor estão engajados no processo de aprendizagem. O estudante usa mais o tempo em sala de aula pensando e discutindo com seus colegas a respeito do conteúdo, do que apenas escutando as exposições orais do professor. Já o professor é responsável por criar um ambiente favorável às discussões do estudante, mediando-as, em vez de apenas expor os conteúdos.

Em Crouch e Mazur (2001) e também em outras fontes de pesquisa (ARAÚJO; MAZUR, 2013; JAMES, 2006; MÜLLER et al., 2017), nota-se que o *PI* tem obtido sucesso ao modificar as configurações e dinâmicas da sala de aula tradicional, alcançando resultados positivos na aprendizagem conceitual de conteúdos científicos e no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.

Considerando as propostas educacionais do Ensino de Física dos últimos cinquenta anos, em especial a Era dos Grandes Projetos (*PSSC*; *FAI*;³ etc.), nota-se que tais metodologias desenvolveram-se sob a perspectiva de tornar mais efetivo o Ensino de Física e, à primeira vista, sem muita atenção, a metodologia *PI* pode parecer uma versão moderna dos Grandes Projetos de Física. Mas, a partir da reflexão realizada por Gaspar (2004) e observando as posturas de estudantes e professores, tem-se que a diferença entre essas duas abordagens repousa na importância do papel do professor. Para o autor o insucesso das primeiras propostas

³ O *PSSC* (*Physical Science Study Committe*) e *FAI* (Física Auto Instrutiva) foram propostas educacionais para o Ensino de Física que traziam uma densa teoria e guias de laboratório do tipo “faça você mesmo”.

educacionais para o ensino de física foi consequência do deslocamento do professor do centro do processo educacional, pelo fato de que todas as propostas, embasadas por diferentes referenciais teóricos, deram ao professor um papel secundário. Valendo-se da Teoria da Aprendizagem de Vygotsky, Gaspar ressalta que a maior contribuição pedagógica desse referencial foi o resgate da função do professor, “tornando-o de fato o parceiro mais capaz de que os alunos jamais vão poder prescindir” (GASPAR, 2004, p. 89). Portanto há a necessidade de repensar o papel do professor, com o objetivo de recolocá-lo no centro do processo educacional, o que condiz com a postura desejada no *PI*, em que o professor tem um papel fundamental, como destacam Lenaerts, Wieme e van Zele (2002, p. 8, tradução nossa):

É absolutamente essencial que o professor possa caminhar pela sala de aula enquanto observa e escuta os argumentos, orientando ocasionalmente a discussão na direção certa.

Assim, o papel do professor no *PI* não é de um simples demonstrador ou palestrante. Ele também possui uma postura ativa e deve circular pela sala, observando a discussão dos alunos, mediando-as ou orientando na direção correta, quando necessário; observando as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes e fazendo com que eles possam atingir e superar tais dificuldades. O papel do professor deixa de ser um mero detentor e transmissor do conhecimento; vai além, ele não só dirá a resposta correta, mas orientará a classe em uma discussão para que eles possam pensar criticamente e resolver problemas propostos, de modo a que o estudante possa construir o conhecimento.

3.2. O MÉTODO *JUST-IN-TIME TEACHING*

Como o *Peer Instruction* necessita de um estudo prévio, ele pode ser combinado com a metodologia conhecida como *Just-in-Time Teaching*⁴ (*JiTT*), desenvolvida por Gregor Novak e colaboradores na Universidade de Indiana no final da década de 1990 (NOVAK et al., 1999). Tal metodologia leva em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes quando o professor, ao elaborar as aulas, direciona o conteúdo para superar as principais dificuldades apresentadas pela turma.

O *JiTT* se desenvolve basicamente em três etapas:

- Tarefas de Leitura (TL).

Tal etapa consiste na atividade prévia da aula. Nela o professor disponibiliza um material: capítulo do livro didático, textos na internet, simulações, vídeoaulas, fragmentos de

⁴ Em tradução livre: Ensino sob Medida (EsM).

filmes ou documentários. Os alunos interagem com o material e respondem, eletronicamente⁵, uma série de questões (escolhidas ou elaboradas pelo professor) sobre o material. O prazo de realização dessa etapa deve ser estipulado de modo que o professor veja a resposta dos alunos para que, a partir delas, ele consiga mapear as dificuldades e facilidades dos estudantes acerca do conceito apresentado.

- Discussões em sala de aula sobre as TL.

A partir do mapeamento das respostas da etapa anterior, o professor elabora as aulas sob a perspectiva dos conhecimentos apresentados pelos alunos, com objetivo de superar as dificuldades apresentadas. O *JiTT* permite que tal *feedback*, a partir da atividade prévia, seja ponto de partida para a formulação das aulas e discussões a serem realizadas em sala para que sejam superadas evitando que o professor coloque em foco nas suas aulas um conceito que os alunos já dominam deveras.

- Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas TL e nas discussões em sala de aula.

O tempo de aula deve ser alternado em pequenas exposições orais do professor e em atividades, tanto individuais como colaborativas, para que os alunos pratiquem o uso dos novos conceitos estudados, auxiliando na retenção e internalização dos conceitos discutidos em sala de aula (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Tal metodologia auxilia na elucidação das principais concepções alternativas apresentadas pelos alunos e permite que o professor, ao identificá-las, possa elaborar atividades e dispor discussões a fim de que os alunos possam superá-las.

Na fusão dessas duas metodologias pode-se observar que tanto as exposições orais quanto as questões conceituais podem ser construídas a partir do *feedback* dos conhecimentos prévios dos alunos, propiciando que as discussões entre os estudantes sejam mais frutíferas. Destaca-se também que tal metodologia auxilia no desenvolvimento do hábito dos estudantes de lerem o conteúdo antes das aulas e contribui para que o tempo em sala de aula seja destinado à aprendizagem ativa dos conteúdos (ARAUJO; MAZUR, 2013).

A Figura 02 traz uma representação das duas metodologias, *Peer Instruction* e *Just-in-Time Teaching*, traduzidas como *Instrução pelos Colegas* (IpC) e *Ensino sob Medida* (EsM), respectivamente, quando utilizadas concomitantemente.

⁵ Comumente utiliza-se o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

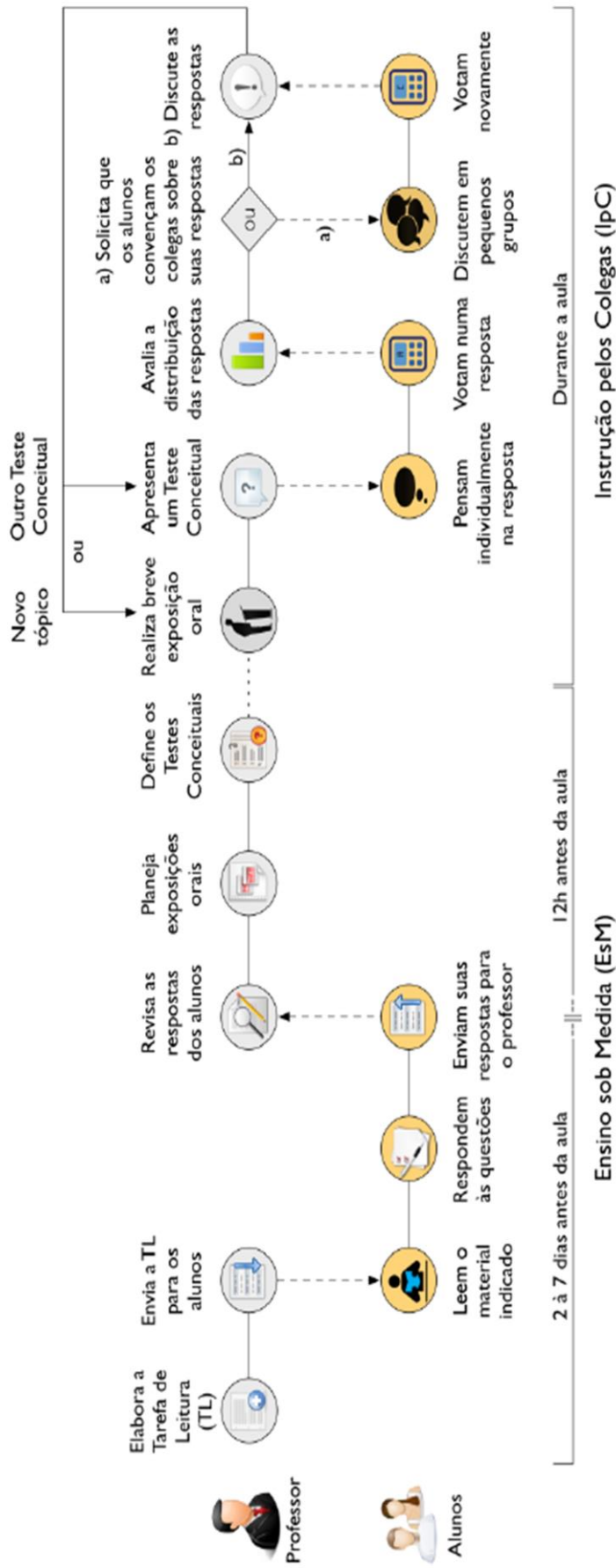


Figura 02: Metodologias EsM e IpC utilizadas em consonância. Fonte: Müller, 2013, p. 20

3.3. AS QUESTÕES CONCEITUAIS E AS QUESTÕES ISOMÓRFICAS

É importante destacar que, como os pilares da metodologia *PI* são as questões conceituais e a discussão entre os estudantes a partir delas, tem-se que a qualidade das discussões entre os colegas depende da qualidade das questões conceituais que serão apresentadas para promover tal discussão e reflexão entre os pares. Nesse sentido, fazer as perguntas certas é crucial para a eficácia do *PI* (MAZUR; WATKINS, 2010; LENAERTS; WIEME; VAN ZELE, 2002).

As Questões Conceituais utilizadas (e apresentadas no Apêndice A) foram desenvolvidas a partir de acervos existentes (tradução do *Concept Test*, desenvolvido por Green (2003)) e adaptações de questões existentes na literatura e programas como a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)⁶, além de elaboração de novas questões.

Ao planejar as Questões Conceituais para aplicar na disciplina, foram realizadas combinações a partir da metodologia criada por Mazur e contribuições dos pesquisadores Smith et al. (2009; 2011) e Zingaro e Porter (2014) de Questões nomeadas de “Isomórficas”. As aplicações das questões são descritas com mais detalhes no Capítulo 5.

Destaca-se, também que o termo “isomórfico” foi utilizado pelos pesquisadores Smith et al. (2009; 2011); Zingaro e Porter (2014) e sua tradução foi feita de forma literal. Tem-se que o significado do termo isomórfico, palavra que deriva de “isomorfismo”, é tal qual aquele apresentado pelo dicionário filosófico de Abbagnano (2014, p. 676):

ISOMORFISMO (in. *Isomorphism*; fr. *Isomorphisme*; al. *Isomorphie*; it. *Isomorfismo*). Termo empregado em lógica e em matemática para indicar a relação entre relações homogêneas de dois ou mais termos, que consiste na correspondência de termo a termo entre os termos das relações.

Ou, ainda, no dicionário contemporâneo da língua portuguesa, organizado por Geiger (2011, p. 818)

isomorfismo (i.so.mor.fis.mo) **sm.** **1.** Alg. Bijeção entre os elementos de dois grupos que preserva as operações de ambos **2.** *Min.* Características de minerais que, embora diferentes na composição química, apresentam igualdade na estrutura ou forma cristalina **3.** *Biol.* Similaridade na forma e na aparência entre indivíduos de diferentes espécies ou raças **4.** *Psi.* Similaridade entre o fenômeno físico e o psíquico **5.** *Fig.* Correspondência entre dois ou mais objetos (de natureza igual ou não).

Assim, entende-se por questões isomórficas questões que não são idênticas em sua redação, porém elas abordam os mesmos conceitos. Para isso são redigidas de maneira distinta, porém exigindo o mesmo raciocínio para serem respondidas.

⁶ <http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=9&pag=conteudo&m=s>

Tais questões têm por objetivo aumentar ainda mais a eficácia do método com o objetivo de verificar se os estudantes estão realmente aprendendo a partir da discussão com os pares ou se estão, simplesmente, sendo convencidos por um estudante “mais capaz”.

No Quadro 01 pode-se ver um exemplo de um par de questões isomórficas utilizado em aula sobre o tema “Movimento dos Planetas”.

Quadro 01: Exemplo de par isomórfico

<p>Epíclis são necessários no modelo geocêntrico para explicar o movimento dos planetas porque</p> <p>a) os planetas parecem variar em brilho e velocidade ao longo do ano. b) alguns planetas são mais brilhantes do que outros. c) o Sol nasce e se põe. d) não é possível ver todos os planetas em uma única noite.</p>	<p>Quais os dois equívocos fundamentais que tornaram o modelo geocêntrico de Ptolomeu muito complicado e impedem que esse modelo descreva adequadamente os movimentos de corpos no Sistema Solar?</p> <p>I – O Sol está no centro do universo. II – Todos os corpos celestes se movem em combinações de círculos perfeitos. III – A Terra está no centro do universo. IV – As estrelas nunca se movem.</p> <p>a) I e IV. b) II apenas. c) III apenas. d) II e III.</p>
---	--

Fonte: Adaptado de Green (2003)

Como se pode observar, as duas questões abordam o mesmo conceito, porém estão organizadas de maneiras distintas, mas exige-se um raciocínio similar. No exemplo exige-se que o estudante compreenda os modelos Geocêntrico e Heliocêntrico e como se deu a transição de um modelo para outro. Corroborando o argumento de que o par isomórfico ajuda na avaliação do desempenho do estudante, observando se ele apenas aceitou a opinião do “aluno mais capaz” ou se ele realmente compreendeu o conceito.

3.4. O TESTE ESTATÍSTICO BINOMIAL

Para avaliar quantitativamente o efeito da metodologia *PI* sobre o aprendizado dos estudantes utilizou-se o teste estatístico binomial, indicado para situações em que o mesmo grupo de indivíduos é avaliado antes e depois de algum evento. Para tanto formula-se uma hipótese nula H_0 e uma hipótese alternativa H_1 . A partir dos dados fornecidas pela amostra é possível decidir se a hipótese nula deve ser aceita ou rejeitada (GIBBONS; CHAKRABORTI, 2003).

No cenário desta pesquisa, como apresentado na Seção 3.1 e 3.3, a metodologia *PI* consiste na resolução de questões conceituais de múltipla escolha, nas quais os alunos votam individualmente em um primeiro momento, discutem entre si sobre as respostas escolhidas e após a discussão respondem à questão novamente. Assim, com o intuito de avaliar a situação de antes e depois da discussão, formulou-se a hipótese nula (H_0) “as discussões não têm nenhum impacto sobre a escolha das respostas na segunda votação”. Portanto utilizou-se o teste binomial a fim de aceitar ou rejeitar a hipótese nula. A hipótese nula é aceita nas situações em que o resultado da segunda votação é compatível com o resultado que seria obtido caso o aluno tivesse escolhido uma alternativa ao acaso. Ela é rejeitada quando for muito pequena a probabilidade daquele resultado ter sido obtido por acaso. Consequentemente validar-se-á (ou não) a hipótese alternativa – e de interesse na pesquisa –, que é se de fato a discussão entre os estudantes tem impacto na segunda votação, ou seja, de que as discussões são efetivas para que os estudantes respondam de maneira correta na segunda votação, mostrando que a metodologia *PI* é eficaz para a sua aprendizagem.

Ao responder uma questão conceitual, discuti-la e realizar a revotação, existem quatro possíveis situações:

1. O estudante acertou ambas as votações;
2. O estudante errou ambas as votações;
3. O estudante acertou a primeira votação, mas depois da discussão errou a segunda votação;
4. O estudante errou a primeira votação, mas depois da discussão acertou a segunda votação.

Como o foco da pesquisa está na interação dos alunos entre as duas votações, o primeiro cenário não traz informações relevantes para o teste de hipótese. Esse resultado pode identificar os alunos que já haviam dominado o conceito tratado naquela questão mesmo antes de interagirem com os colegas. O cenário dois, de forma análoga, também não traz informações

para o teste de hipóteses e pode identificar os alunos que não entenderam o conceito mesmo depois de interagirem com os colegas, mostrando que as discussões não foram efetivas para a mudança de resposta.

Já no cenário três observa-se uma mudança de resposta, porém de uma forma negativa. Em tal cenário o estudante pode ter respondido de forma aleatória na primeira votação ou pode ter compreendido o conceito e respondido de maneira correta, porém foi induzido – após a discussão – a mudar de resposta, para uma alternativa incorreta.

No cenário 04 observa-se um efeito positivo da metodologia: mostra que se o estudante não entendia o conceito antes da primeira votação, após a discussão e argumentação com os colegas ele foi capaz de compreender e votar corretamente na segunda votação.

Porém em todos os cenários não se pode descartar a possibilidade de que os resultados tenham sido fruto de escolhas aleatórias.

Os dados coletados a partir das respostas dos alunos em cada votação são organizados em uma tabela de contingência 2x2, representada no Quadro 02:

Quadro 02: Modelo de tabela de contingência para organização dos dados

		Votação depois da discussão com os colegas	
		Certo	Errado
Votação antes da discussão com os colegas	Certo	x_{CC}	x_{CE}
	Errado	x_{EC}	x_{EE}

Fonte: Autora, 2019

Importante destacar que as votações (descritas com maior detalhamento no Capítulo 5) foram realizadas em fichas de papel com a identificação do aluno, a fim de mapear as respostas de cada estudante.

Associam-se as probabilidades θ_{CC} , θ_{CE} , θ_{EC} e θ_{EE} às quatro células descritas no Quadro 02 de maneira que θ_{CC} seja a probabilidade de o aluno acertar a questão antes e depois da discussão e assim, sucessivamente. A soma $\theta_{CC} + \theta_{EC} = \theta_{.C}$ é a probabilidade marginal de acerto depois da discussão com os colegas; $\theta_{EE} + \theta_{CE} = \theta_{.E}$ é a probabilidade marginal de erro após a discussão; e $x_{CC} + x_{CE} + x_{EC} + x_{EE} = N$, o número total de observações.

Seja $S = x_{CE} + x_{EC}$ a soma dos cenários em que a resposta na primeira votação é diferente da resposta na segunda votação. A distribuição de probabilidade condicional de x_{CE} dado S é uma distribuição binomial com parâmetros S e $p = \frac{\theta_{CE}}{\theta_{CE} + \theta_{EC}}$.

Tem-se por hipótese nula, $H_0: \theta_C = \theta_{CE}$, que a probabilidade de acerto antes e depois da discussão sejam iguais. Consequentemente $\theta_{CE} = \theta_{EC}$. Desta forma o parâmetro p da distribuição binomial é função do número de alternativas (NA):

$$p = \frac{1}{NA}. \quad (1)$$

A hipótese de pesquisa é de que a interação entre os alunos tem um efeito positivo sobre a segunda votação, ou seja, $H_1: \theta_{EC} > \theta_{CE}$.

Assim quando deseja-se um teste exato, realiza-se o teste binomial, através do teste de hipóteses unilateral a direita. O p -valor é dado por (GIBBONS; CHAKRABORTI, 2003):

$$p\text{-valor} = 1 - \sum_{j=0}^{x_{EC}} \binom{S}{j} p^j (1-p)^{S-j} \quad (2)$$

O resultado obtido através da Equação 2 permite calcular a probabilidade de encontrar um resultado tão extremo como o encontrado sob a hipótese nula, ou seja, de que não há diferença entre as probabilidades de acerto antes e depois da discussão. Neste trabalho foi considerado um nível de significância de 5%.

A fim de tornar mais clara a compreensão acerca do teste binomial apresenta-se a seguir um exemplo com dados desta pesquisa, obtido na primeira aplicação da metodologia *PI*. Os dados de respostas coletados estão dispostos no Quadro 03.

Quadro 03: Exemplo a partir das Questões 01 e 02

		Votação depois da discussão com os colegas (Q02)		Soma Q01
		C	E	
Votação antes da discussão com os colegas (Q01)	C	15	1	16
	E	17	6	23
Soma Q02		32	7	39

Fonte: Autora, 2019

Observa-se no Quadro 03 que, em um total de 39 alunos na amostra, na primeira votação (Q01) 16 alunos votaram na alternativa correta, enquanto 23 votaram nas alternativas incorretas. Ambas informações estão evidenciadas na última coluna (Soma Q01). Após as discussões os números ficaram distribuídos da seguinte forma, evidenciados na última linha (Soma Q02): 32 alunos votaram na alternativa correta e apenas sete escolheram as alternativas incorretas. Isso implica que 18 alunos trocaram suas respostas entre a primeira votação e a segunda. Um trocou da resposta correta para uma alternativa incorreta, enquanto 17 alunos trocaram alguma alternativa incorreta para a resposta correta. Tal informação é encontrada a partir da soma da diagonal não principal, em que as células informam o número de alunos que

trocaram suas respostas. Portanto, faz-se importante investigar, através do teste de hipóteses, qual a probabilidade desses 17 alunos que trocaram a alternativa incorreta pela correta terem respondido ao acaso.

Assim, utilizando a Equação 2 e substituindo os valores dispostos no quadro acima tem-se, para a questão referente, com quatro alternativas, neste caso, $p = \frac{1}{4}$

$$p\text{-valor} = 1 - \sum_{j=0}^{17} \binom{18}{j} \left(\frac{1}{4}\right)^j \left(1 - \frac{1}{4}\right)^{18-j}$$

Expandindo-a:

$$\begin{aligned} p\text{-valor} &= 1 - \sum_{j=0}^{17} \binom{18}{j} \left(\frac{1}{4}\right)^j \left(\frac{3}{4}\right)^{18-j} \\ &= 1 - \left\{ \binom{18}{0} \left(\frac{1}{4}\right)^0 \left(\frac{3}{4}\right)^{18} + \binom{18}{1} \left(\frac{1}{4}\right)^1 \left(\frac{3}{4}\right)^{17} + \dots + \binom{18}{17} \left(\frac{1}{4}\right)^{17} \left(\frac{3}{4}\right)^1 \right\} \\ &= 8,0 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

Para a situação acima obteve-se para o p -valor o resultado de $8,0 \times 10^{-10}$, que é muito menor do que 5%. Ou seja, é extremamente pequena a probabilidade de que os 17 alunos que erraram a primeira votação e acertaram a segunda, tenham acertado ao acaso. Portanto rejeita-se a hipótese nula. Esse resultado permite concluir que as discussões foram efetivas e as migrações dos estudantes para a resposta correta foram significativas.

Outro exemplo, utilizando uma situação hipotética, e lembrando que se a hipótese testa as situações de antes e depois da discussão com os colegas, para o teste, somente há informações relevantes – a respeito das interações – nas situações em que existem trocas de respostas. Neste exemplo calcular-se-á o p -valor para duas situações: duas trocas e cinco trocas.

Assim consideram-se duas situações distintas:

- A primeira situação em que apenas dois alunos (A_1 e A_2) trocam suas respostas depois da discussão:

1. Os dois alunos acertaram na primeira votação e erraram na segunda.

Montando uma tabela de contingência 2x2, no Quadro 04, para os dados acima e calcula-se o p -valor = 1,0000:

Quadro 04: Dados para a combinação 01

		Q02	
		C	E
Q01	C	CC	$A_1 A_2$
	E	0	EE

Fonte: Autora, 2019

2. Somente o aluno A_1 acertou a primeira e errou a segunda votação.

Para essa combinação a tabela de contingência 2x2 fica organizada da seguinte maneira e calcula-se o p -valor = 0,4375, observadas no Quadro 05:

Quadro 05: Dados para a combinação 02

		Q02	
		C	E
Q01	C	CC	A_1
	E	A_2	EE

Fonte: Autora, 2019.

3. Somente o aluno A_2 acertou a primeira e errou a segunda votação.

Para essa combinação 03 a tabela de contingência 2x2 organiza-se como exposto abaixo, no Quadro 06, e obtém-se o p -valor = 0,4375:

Quadro 06: Dados para a combinação 03

		Q02	
		C	E
Q01	C	CC	A_2
	E	A_1	EE

Fonte: Autora, 2019.

4. Os dois alunos erraram a primeira votação e acertaram a segunda.

Para a última combinação organiza-se a tabela de contingência conforme o Quadro 07 e obtém-se o p -valor = 0,0625:

Quadro 07: dados para a combinação 04

		Q02	
		C	E
Q01	C	CC	0
	E	$A_1 A_2$	EE

Fonte: Autora, 2019.

Nesse cenário, existem quatro combinações diferentes e em nenhuma delas o p -valor é menor do que 5%. Conclui-se que mesmo o melhor resultado entre essas situações (obtido na situação 04) pode ter acontecido por acaso, e, portanto, a interação entre os alunos não foi significativa.

- Na segunda situação tem-se cinco alunos que trocaram de respostas depois da discussão com os colegas (A_1, A_2, A_3, A_4 e A_5):
- 1. Os cinco alunos acertaram a primeira votação e erraram a segunda votação (p -valor = 1,0000).

2. Quatro alunos acertaram a primeira votação e erraram a segunda (subdividindo em cinco combinações, p -valor = 0,7627).
3. Três alunos acertaram a primeira votação e erraram a segunda (subdividindo em dez combinações, p -valor = 0,3672).
4. Somente dois alunos acertaram a primeira votação e erraram a segunda (subdividindo em dez combinações, p -valor = 0,1035).
5. Somente um aluno acertou a primeira votação e errou na segunda votação (subdividindo em cinco combinações, p -valor = 0,0156).
6. Os cinco alunos erraram na primeira votação e acertaram na segunda (p -valor = 0,0010).

Tem-se aqui 32 combinações diferentes. Nas quatro primeiras situações o p -valor é maior do que 5% e, portanto, as trocas de respostas da primeira votação para a segunda votação podem ter acontecido por acaso. Já nas duas últimas situações o resultado é menor do 5% e conclui-se que a probabilidade de ter acontecido por acaso seja muito pequena. Assim é significativa a hipótese alternativa segundo a qual a interação entre os alunos tenha sido efetiva.

Todos os cálculos do teste binomial foram realizados com editor de planilhas Microsoft Excel e todos os resultados obtidos são apresentados e comentados no Capítulo 6.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Defende-se que em sua proposta, sob resultado de forte participação ativa dos estudantes, a metodologia *PI* favorece o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, bem como a aprendizagem conceitual, aumento das habilidades dos estudantes em resolver problemas e, também, aumento na motivação e no desempenho acadêmico. Isso condiz com a postura desejável para estudantes, contida nos PCN em que o aluno, ao fim da sua jornada acadêmica, deve ser capaz de “compreender, intervir e participar da realidade” (BRASIL, 2002, p. 59). Porém, no levantamento feito por Müller et al. (2017), há um número irrisório de trabalhos que, ao relatar a gênese; evolução e eficácia da metodologia, mencionam de forma explícita algum referencial teórico embasando o *Peer Instruction*. Apenas trazem indícios de aproximações entre a Teoria da Aprendizagem desenvolvida por Vygotsky e a metodologia *Peer Instruction*, como mencionado por Lenaerts, Wieme e van Zele (2002) e Araujo e Mazur (2013) citados abaixo:

Na verdade, parece-nos que o PI se encaixa perfeitamente na estrutura de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky. (LENAERTS; WIEME; VAN ZELE, 2002, p. 13, tradução nossa)

O grande potencial do IpC, sob uma óptica vygotskyana, estaria na promoção de interações sociais qualificadas entre quem compartilha os significados socialmente aceitos pela comunidade científica, o professor, e os alunos, e deles entre si. Aqueles alunos que já conseguiram construir adequadamente seus conhecimentos, ou estão próximos, passam a auxiliar o professor negociando os significados desejados, tendo a vantagem de naturalmente se expressarem de forma mais próxima ao usual no diálogo entre seus colegas. Dessa forma, uma dinâmica de interlocução entre os alunos, que podem se revezar no papel de “parceiro mais capaz”, encontra uma forma de viabilização efetiva em sala de aula. (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 373)

De acordo com Darsie (1999, p. 9), “toda prática educativa traz em si uma teoria do conhecimento. Esta é uma afirmação incontestável e mais incontestável ainda quando referida à prática educativa escolar”. Como não foram encontrados na literatura estudos que analisem, de maneira profunda, a relação entre o *PI* e uma teoria da aprendizagem, e uma vez que o objetivo dessa metodologia é promover a aprendizagem com o foco em questionamentos realizados durante a aula para engajar os estudantes, neste trabalho apresenta-se uma análise dessa metodologia à luz da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

4.1. A TEORIA DE APRENDIZAGEM DE VYGOTSKY

Apesar de as metodologias ativas serem conhecidas como “novas metodologias”, a necessidade de propiciar uma postura ativa por parte dos estudantes aparece já na obra de John Dewey (1859-1952), que defendia que a escola deveria ser um laboratório, com atividades

verdadeiramente construtivistas (WESTBROOK, 2010). Em consonância encontram-se os pressupostos da teoria de Vygotsky e, a fim de cingir a metodologia *PI*, que traz as interações entre os estudantes como essenciais, responsáveis e necessárias para a produção de conhecimento nos estudantes, com uma teoria de aprendizagem, o presente capítulo tem por objetivo identificar os principais conceitos da teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

Segundo Oliveira (2010, p. 24) a teoria de Vygotsky repousa sobre três pilares básicos do pensamento:

- as funções psicológicas têm um suporte biológico, pois são produtos da atividade cerebral;
- o funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior, os quais se desenvolvem num processo histórico;
- a relação homem/mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos.

Há uma falta de consenso entre os estudiosos sobre a corrente epistemológica na qual se enquadra a teoria vygotskyana, relatada por Neves e Damiani (2006), encontrando na literatura diversas nomenclaturas atribuídas ao pensamento de Vygotsky: “socioconstrutivismo”; “sociointeracionismo”; “construtivismo pós-piagetiano” e também “sociointeracionismo-construtivista”, mesmo que tais nomenclaturas não apareçam em sua obra. Nesta pesquisa optou-se por nominá-la de “Sociointeracionista”. Essa opção deriva de que, do ponto de vista de Vygotsky:

[...] o desenvolvimento humano é compreendido não como a decorrência de fatores isolados que amadurecem, nem tampouco de fatores ambientais que agem sobre o organismo controlando seu comportamento, mas sim como produto de trocas recíprocas, que se estabelecem durante toda a vida, entre indivíduo e meio, cada aspecto influenciando sobre o outro (NEVES; DAMIANI, 2006, p. 07).

Ou seja, na perspectiva de Vygotsky, o desenvolvimento humano não é uma ação polarizada. Não está do lado biológico, que se desenvolve por herança ou determinismo biológico, ou do lado individual de fatores que implicam no ser humano algum desenvolvimento, mas na ininterrupta relação entre esses lados. O desenvolvimento deriva das relações entre o ser biológico e o meio em que ele vive. A ideia é que sua teoria esteja em uma base em que o sujeito produtor de conhecimento é um sujeito que tem participação ativa em sua relação com o mundo. Sujeito e o meio exercem influência recíproca, não havendo dicotomia entre biológico e social. O sujeito, a partir da sua relação com o mundo, com seu objeto de estudo e em seu pensamento, irá reconstruir esse mundo (REGO, 2013). Portanto é um ser que transforma ao mesmo tempo em que é transformado pelo meio em determinada cultura, fazendo que a nomenclatura Sociointeracionista o melhor represente neste cenário.

O conceito de aprendizagem, na teoria de Vygotsky (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012, p. 115), não é considerado um desenvolvimento, mas que a sua correta organização leva o indivíduo ao desenvolvimento mental:

(...) a aprendizagem não é, em si mesma, desenvolvimento, mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativa todo um grupo de processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir-se sem a aprendizagem. Por isso, a aprendizagem é um momento intrinsecamente necessário e universal para que se desenvolvam na criança essas características humanas não-naturais, mas formadas historicamente.

Assim, sua teoria abrange o campo educacional ao propor que ao aprender o indivíduo “destrava” certos níveis de desenvolvimento mental, o que o torna capaz para aprender coisas que antes não estavam em sua jurisdição. Essas reações em cadeia continuam acontecendo por toda a vida do sujeito.

Importante elucidar também que Vygotsky não acreditava existir diferenças significativas entre a aprendizagem de adultos e crianças (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012).

O conceito chave da teoria de Vygotsky – a interação – é essencial para o desenvolvimento psicológico e cognitivo. Segundo o autor (1984, 2012), é essencial que exista interação do indivíduo com o grupo sociocultural. A sua teoria contesta as ideias de que o sujeito já nasce com as capacidades básicas e somente as amadurece, ou seja, tudo é biologicamente determinado – o que faz da escola responsável pela construção intelectual, moral e cultural do estudante. Faz-se dela, a escola, papel fundamental na formação dos indivíduos, ao oportunizar o acesso à experiência culturalmente acumulada e formalmente organizado por ela (REGO, 2013). Assim, ao ter acesso às informações, frequentando a escola, o estudante será capaz de promover o seu desenvolvimento psicológico e cognitivo:

Isso quer dizer que as atividades desenvolvidas e os conceitos aprendidos na escola (que Vygotsky chama de científicos) introduzem novos modos de operação intelectual: abstrações e generalizações mais amplas acerca da realidade (que por sua vez transformam os modos de utilização da linguagem). Como consequência na medida em que a criança expande seus conhecimentos, modifica sua relação cognitiva com o mundo (REGO, 2013, p. 104).

Mas somente ir na escola e ter acesso ao conhecimento construído e a ser construído também não basta para a formação e desenvolvimento. É necessário que aconteçam interações entre os estudantes. Segundo Vygotsky (apud REGO, 2013) são as interações que vão concretizar a internalização desse conhecimento, transformando os processos externos (decorridos das interações) em processos intrapsicológicos⁷.

⁷ Processos em que as atividades são reconstruídas internamente.

Vygotsky opõe-se ao ensino verbalista, o ensino baseado apenas na transmissão oral de conhecimentos pelo professor, classificando-o como infrutífero e inadequado, pois tal metodologia não cumpre o papel de “desafiar e intervir no processo de apropriação de conhecimento por parte dos estudantes” (REGO, 2013, p. 106).

Assim os escritos de Vygotsky apontam para um cenário onde se faz necessário repensar o papel do professor e estudante. Para isso é essencial que aconteça um redimensionamento do valor das interações sociais, tanto as interações entre os estudantes, como entre o professor e os estudantes, pois elas são fundamentais e necessárias para a produção e internalização do conhecimento:

particularmente aqueles que permitam o diálogo, a cooperação e troca de informações mútuas, o confronto de pontos de vistas divergentes e que impliquem na divisão de tarefas onde cada um tem uma responsabilidade que somadas, resultarão no alcance de um objetivo comum. Cabe, portanto, ao professor não somente permitir que elas ocorram, como também promovê-las no cotidiano das salas de aula (REGO, 2013, p. 110).

Ainda segundo Rego (2013) é importante que o grupo escolar seja composto de maneira heterogênea. Compreende-se que cada indivíduo possui um ritmo de aprendizado e raciocínio; bem como experiências; visões de mundo; crenças; trajetórias pessoais; contextos familiares; comportamentos; opiniões; facilidades e dificuldades. É a heterogeneidade que faz as trocas serem prósperas. Seguindo essa linha de raciocínio, para que o professor possa aproveitar de maneira profunda as interações e contribuir para que o conhecimento a ser construído seja efetivo, se torna necessário que ele conheça o nível de conhecimento já estabelecido pelos seus alunos, dispondo de momentos para que eles mesmo expressem aquilo que eles já sabem.

A partir da heterogeneidade do grupo tem-se que entre os estudantes haverá alguns com maior nível de desenvolvimento assim como terá outros que não atingiram tal desenvolvimento, ou seja, dentro do grupo os estudantes estarão cada um no seu nível de desenvolvimento. Assim, Vygotsky (1984) introduz o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) no qual traz dois níveis de desenvolvimento ao estudante:

- Nível de Desenvolvimento Real: representa as etapas já alcançadas pelos indivíduos; as funções psicológicas já estão bem estabelecidas e ele as realiza de forma independente.
- Nível de Desenvolvimento Potencial: representa as etapas que podem ser alcançadas através da mediação de alguém que já adquiriu desenvolvimento.

Vygotsky (1984, p. 97) esclarece que a ZDP é a zona de desenvolvimento em que o indivíduo não consegue realizar determinadas tarefas sozinho, mas as realiza mediante a ajuda de um parceiro que já atingiu o nível de desenvolvimento exigido. A ZDP é a distância entre os dois níveis acima:

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Ou seja, a Zona de Desenvolvimento Proximal representa as funções do indivíduo que estão em “processo de maturação”. Tal conceito traz uma noção importante a respeito da evolução do desenvolvimento. Em consonância com a ideia de a importância do professor saber de antemão o que o aluno já compreende, pois, para o autor, é ineficaz que o professor insista em oferecer um aprendizado que já foi alcançado pelos alunos. Fazendo com que uma boa aprendizagem seja aquela que precede o desenvolvimento:

[...] o aprendizado orientado para os níveis de desenvolvimento que já foram atingidos é ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento global da criança. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas em vez disso, vai a reboque desse processo. Assim, a noção de desenvolvimento proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que o “bom aprendizado” é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento (VIGOTSKI, 1984, p. 102).

Vygotsky (1984) também exemplifica que sua hipótese modifica a visão tradicional de que a criança atinge determinado nível de desenvolvimento, completamente, quando assimila o significado de uma palavra ou domina a realização de operações matemáticas, quando na verdade o que ocorre é que, ao acontecer a assimilação ou domínio sobre as operações aritméticas, o desenvolvimento está ainda em curso. Isso se mostra importante por analisar o processo educacional de forma que ao dominar as operações básicas de matemática – por exemplo – são fornecidas bases para o desenvolvimento de vários processos internos mais complexos.

O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal também incute a ideia de que o desenvolvimento do indivíduo tem forte relação com o meio sociocultural em que está inserido, já que a para percorrer a distância da ZDP é necessário que aconteça a mediação de outro indivíduo.

A mediação, outro pilar da teoria de Vygotsky, é entendida como “o processo de intervenção de um elemento intermediária numa relação” (OLIVEIRA, 2010, p. 28), que pode

ser realizada através de instrumentos, signos⁸ ou pessoas. A mediação é um processo essencial para tornar possíveis as atividades psicológicas controladas pelo próprio indivíduo e no seu processo de internalização.

Um último conceito da teoria de Vygotsky que cabe ser destacado é em relação aos sentimentos e afetos. Vygotsky (1984), e também destacado por Rego (2013), considera indissociável o intelecto e afeto. Para ele o indivíduo é uma totalidade que compreende tanto o intelecto quanto os afetos:

[...] cognição e afeto não se encontram dissociadas no ser humano, pelo contrário, se inter-relacionam e exercem influências recíprocas ao longo de toda a história do desenvolvimento do indivíduo (REGO, 2013, p. 122).

É importante considerar os sentimentos e afetos pois são estes, em forma de desejos, emoções, motivações, interesses, que darão origem ao pensamento.

Com esse conjunto teórico, pretende-se compreender os resultados obtidos a partir da quantificação da eficácia da metodologia e da análise das anotações em diário de campo obtidas na aplicação da metodologia *Peer Instruction* para realizar a aproximação entre a teoria e prática.

⁸ Entende-se signos como interpretações da realidade: elementos que representam ou expressam outros objetos; situações; etc;

5. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa enquadra-se como uma pesquisa quanti-qualitativa, pois apresenta, segundo Bogdan e Biklen (2010), características tais como ser descritiva, já que os dados coletados são, além de quantitativos, qualitativos – em formas de palavras e não, necessariamente, somente em números, bem como a análise desses dados. Outra característica a ser considerada é o interesse, por parte dos investigadores, pelo processo da pesquisa e não, simplesmente, pelos resultados obtidos, fazendo com que quaisquer etapas dessa pesquisa sejam igualmente importantes.

Em uma primeira etapa realizou-se a revisão da literatura a fim de abarcar os referenciais teóricos sobre metodologias ativas – identificando os pressupostos subjacentes a essas metodologias – e a teoria Sociointeracionista de Vygotsky, identificando os seus principais conceitos. Concomitantemente, estabeleceu-se um acervo de Questões Conceituais sobre Astronomia a partir da tradução de questões já existentes e criação de novas questões, como já mencionado na Seção 3.3.

A segunda etapa da pesquisa consistiu no planejamento da disciplina de Introdução à Astronomia (AST927), oferecida no segundo semestre de 2018, de maneira que pudesse aplicar a metodologia *Peer Instruction*, para – a partir dos dados obtidos e analisados – realizar a aproximação entre prática e teoria.

A disciplina de AST927 tem uma carga horária de 64 aulas, totalizando – no segundo semestre de 2018 – 16 semanas de aulas, com quatro aulas por semana. A ementa da disciplina está exemplificada na Tabela 02.

Tabela 02: Ementa da disciplina de AST927 (2018.2)

Conteúdo	Competências e Habilidades
01. A Esfera Celeste e Coordenadas Celestes	Definir os sistemas de coordenadas celestes horizontal e equatorial
02. Sistemas de Coordenadas Celestes	Definir os sistemas de coordenadas celestes horizontal e equatorial
03. Movimentos da Terra e Relações com escala de tempo	Conceituar os movimentos da Terra
04. Estações do Ano	Associar as estações do ano à inclinação do eixo de rotação terrestre e à translação anual
05. O sistema Terra-Lua	Conceituar as fases da Lua; marés e eclipses
06. O Sistema Solar	Discutir as principais características do Sistema Solar
07. Mecânica Celeste	Conceituar os princípios de mecânica celeste

Fonte: Universidade Federal de Itajubá, 2017

As aulas distribuíam-se às segundas-feiras e às quartas-feiras das 13 h 30 min às 15 h 20 min. Assim, as aulas foram elaboradas de maneira que pudessem ser aplicadas metodologias

ativas de ensino, substancialmente o método *Peer Instruction*. De início objetivou-se dez aplicações do método. As cinco primeiras aplicações aconteceram na aula da segunda-feira e as últimas cinco aconteceram na aula da quarta-feira. Todas foram frequentadas pela pesquisadora, que coletou os dados por meio de registro em diário de campo.

A disciplina possui caráter obrigatório para os cursos de Ciências Atmosféricas (CAT), fazendo com que no ano de pesquisa, aproximadamente, 43% da turma fosse constituída por alunos desse curso. Ela também foi oferecida, porém em caráter optativo ou eletivo, para os cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas (BLI) – 2%, Física (FLI) – 29% e Química (QLI) – 6% e também bacharelado em Física (FBA) – 18% e Engenharia de Materiais (EMT) – 2%. Os percentuais estão representados na Figura 03.

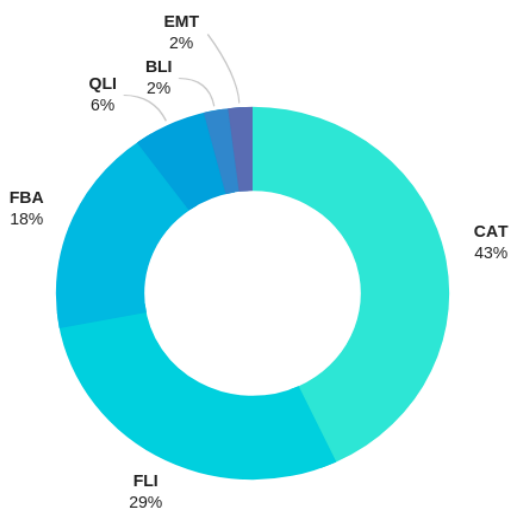


Figura 03 – Percentual de alunos de AST927 de acordo com o curso.

Ao programar a disciplina reservou-se um espaço para atividades no ambiente virtual de aprendizagem (Moodle) de maneira colaborativa com o *PI* e a complementar as atividades experimentais que foram realizadas na disciplina. As atividades programadas para o Moodle tinham o objetivo de introduzir o conceito a ser abordado na próxima aula presencial. Portanto as atividades eram sempre postadas no Moodle na quinta-feira à noite e os alunos tinham até o próximo domingo para realizar a tarefa. O dia para a entrega das tarefas foi escolhido de maneira que o professor pudesse analisar as respostas dos estudantes e estruturar a próxima aula presencial. Tal estrutura de programação, bem como a metodologia da disciplina, foi apresentada e discutida no primeiro dia de aula com os alunos.

A partir da programação, a metodologia foi aplicada 12 vezes durante o semestre letivo. As dez primeiras aplicações foram realizadas com tópicos novos e as duas últimas

aplicações foram revisões da matéria discutida durante o semestre, ou seja: escolheu-se questões conceituais já aplicadas, em alguma das dez aplicações anteriores, e que concentravam o conceito principal para serem reaplicadas, a fim de investigar a retenção do conteúdo. As aplicações, assim como sua respectiva data e tema estão dispostos na Tabela 03.

Tabela 03: Aplicações do *Peer Instruction* em AST927

Aplicação	Dia	Conteúdo
01	13 agosto 2018	Coordenadas Celestes
02	20 agosto 2018	Coordenadas Celestes
03	03 setembro 2018	Movimentos dos Planetas
04	10 setembro 2018	Movimentos dos Planetas
05	24 setembro 2018	Leis de Kepler
06	03 outubro 2018	Efemérides do Sol
07	10 outubro 2018	Estações do Ano
08	24 outubro 2018	Tempo
09	07 novembro 2018	Efemérides da Lua
10	14 novembro 2018	Fases da Lua e Eclipses
11	19 novembro 2018	Revisão
12	03 dezembro 2018	Revisão

Fonte: Autora, 2019

A aplicação da metodologia deu-se por adaptação da metodologia original, proposta por Mazur (2015) e apresentada na Seção 3.1, e contribuições de modificações na aplicação das questões conceituais, realizadas por Smith et al. (2011), que será discutida posteriormente. Optou-se, também, por utilizar pares de questões conceituais isomórficas, discutidas na Seção 3.3, contribuição do trabalho produzido por Smith et al. (2009; 2011) e Zingaro e Porter (2014), que têm por objetivo investigar se os alunos estão realmente aprendendo a partir da metodologia ou se apenas estão imitando a resposta de um parceiro mais capaz.

A contribuição de Smith et al. (2011), que foi incorporada na presente pesquisa, foi a estratégia dos três caminhos, exemplificada no fluxograma da Figura 04.

O fluxograma compreende um conjunto de três caminhos. Esse conjunto de caminhos foi aplicado todas as 12 vezes em que se executou a Metodologia *PI* na disciplina, ou seja, em cada dia da aplicação da metodologia executou-se o Caminho 01: Discussão com os Colegas; o Caminho 02: Explicação do Professor; e o Caminho 03: Combinação.

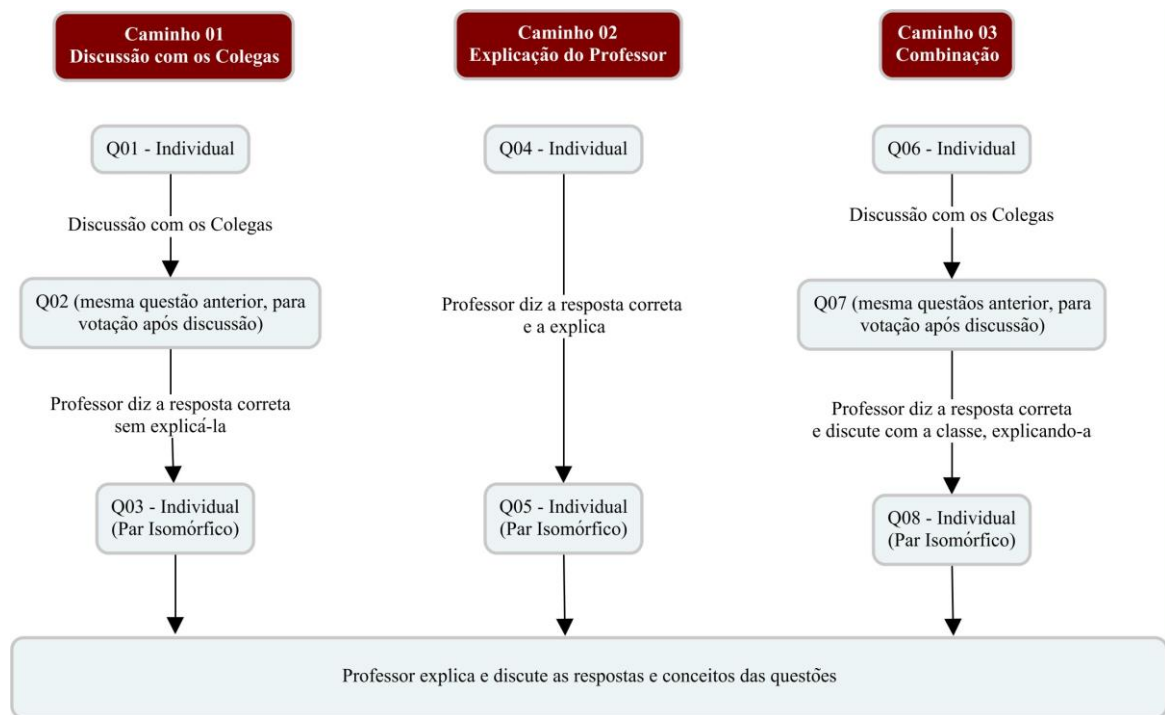


Figura 04 – Metodologia da aplicação das questões conceituais. Fonte: adaptado a partir de Smith et al., 2011.

Em seu trabalho, Smith et al. (2011) investigaram se os alunos apresentavam diferença de rendimento em três estratégias distintas:

- Caminho 01: o foco desse caminho está na interação entre os estudantes. Eles votam na primeira questão (Q01), individualmente, para computar o quão esclarecido o conceito está para os estudantes. Depois discutem entre eles sobre suas respostas. Após a discussão o professor disponibiliza a questão novamente para realizar a revotação (Q02). Encerra-se a segunda votação e o professor diz qual a resposta correta, mostrando o percentual de acertos das duas questões anteriores. Aplica-se uma nova questão (Q03) que é a questão isomórfica, par conceitual correspondente às questões Q01 e Q02, que são idênticas. Os alunos votam individualmente e o professor encerra o processo do Caminho 01, apresentando o resultado da votação da Q03, discutindo as três questões e abrindo a discussão para os alunos também interagirem e comentarem sobre elas ou para esclarecer quaisquer dúvidas.
- Caminho 02: em tal caminho deseja-se investigar a interação professor-aluno. Inicia-se o processo aplicando uma questão conceitual para ser votada individualmente (Q04). Após o encerramento das votações o professor comenta e explica a questão, disponibilizando o percentual de acertos. Após a

explicação aplica-se uma nova questão (Q05), que constitui o par isomórfico da questão anterior. Os alunos votam individualmente e o professor encerra o processo apresentando o percentual de acertos e comentando as duas questões utilizadas nesse caminho.

- o Caminho 03: o foco desse caminho repousa tanto na interação entre estudantes como na interação professor-estudante. Inicia-se o Caminho 03 de maneira similar ao Caminho 01: o professor disponibiliza uma questão conceitual para votação individual (Q06); após a votação os alunos procuram alguém que votou diferente para discutirem e, encerrado o tempo para as discussões, o professor disponibiliza a questão novamente para a revotação (Q07). Após a votação o professor faz uma intervenção, realizando uma breve explanação do conceito envolvido nas questões e apresenta o percentual de acertos das questões Q06 e Q07. Após a intervenção do professor disponibiliza-se uma nova questão (Q08), que é a questão isomórfica. O professor encerra o Caminho 03 explicando as questões e disponibilizando o percentual de acertos.

É importante salientar que todos os três caminhos foram utilizados, em conjunto, todas as vezes em que a metodologia foi aplicada. Portanto foram utilizados três pares de questões isomórficas por dia de aplicação, um par para cada caminho. Porém, como no Caminho 01 e no Caminho 03 são realizadas revotações, resulta em um total de oito questões, ainda que as Q01 e Q02, para o Caminho 01, e as Q06 e Q07, para o Caminho 03, sejam idênticas. Optou-se por uma numeração crescente ininterrupta para as questões utilizadas. Portanto, a cada aplicação da metodologia, realizou-se um total de oito questões conceituais. Todas as questões conceituais utilizadas (96) estão dispostas no Apêndice A.

Mazur (2015) sugere, na gênese da metodologia, que só haja interação entre os estudantes quando o percentual de acertos, na primeira votação, estiver entre 30 e 70%. Esse critério não foi utilizado nesta pesquisa para que fosse possível investigar o efeito de cada um dos três caminhos, a exemplo do procedimento adotado por Smith et al. (2011). Portanto, independentemente da porcentagem de acertos foram realizadas, nos Caminhos 01 e 03, as discussões entre os pares e as revotações das questões discutidas, bem como, pela estrutura do Caminho 02, não houve interação entre os estudantes, independentemente da porcentagem de acertos.

Foram revelados, ao longo dos caminhos, os resultados de cada uma das oito votações. As apurações foram realizadas pelos próprios alunos, que foram se revezando na tarefa e

escolhidos aleatoriamente pelo professor. Todas as respostas corretas são apresentadas, independentemente do caminho, sempre antes do aluno responder à questão isomórfica. Assim a distinção de cada caminho repousa apenas no tipo de interação que acontece entre uma questão conceitual e seu respectivo par isomórfico.

Também é importante destacar que, pela estrutura adotada na pesquisa, decidiu-se por coletar as respostas através de fichas de papel. Na Figura 05 há demonstração das fichas utilizadas.

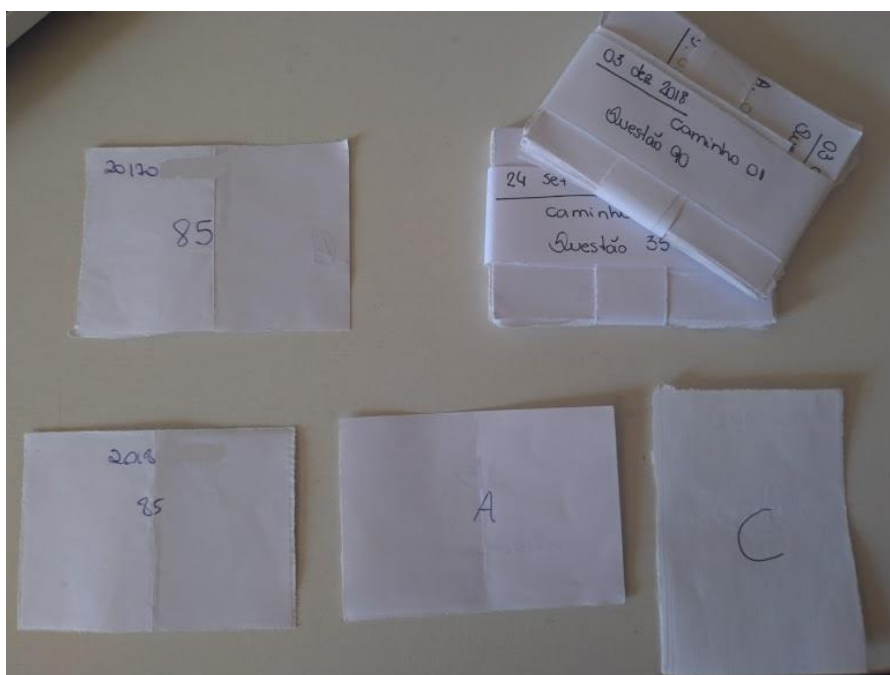


Figura 05: As fichas de votação

Pode-se notar na figura acima que as fichas de votação eram padronizadas: em um verso o aluno informa o seu número de matrícula e o número da questão que responderia e no outro verso informa a alternativa escolhida. Tal estrutura foi essencial para o mapeamento das trocas de respostas e análises de eficácia da metodologia.

Como já comentado, durante toda a disciplina foram aplicadas 96 questões conceituais. Porém é importante destacar que, como demonstrado na Tabela 03, houve dez aplicações de tópicos inéditos, ou seja 80 questões. As duas últimas aplicações consistiram na reaplicação de questões já utilizadas anteriormente que foram escolhidas por abordarem conceitos essenciais, a fim de investigar a retenção do conteúdo pelos estudantes. Ou seja, das 80 questões que foram desenvolvidas para a disciplina, escolheram-se 16 para serem reaplicadas. Todas as fichas foram analisadas e armazenadas pela pesquisadora ao fim de cada aplicação. O acervo de fichas de votação pode ser observado na Figura 06.



Figura 06: Acervo de fichas de votação utilizadas no semestre

Os dados obtidos nos Caminhos 01 e 03 foram submetidos ao teste estatístico binomial, discutido na Seção 3.4, a fim de investigar a respeito da eficácia das interações dos estudantes na resposta das questões após a votação. A partir do resultado dessas análises emergiram os pontos de convergência com a teoria de aprendizagem de Vygotsky. Tal análise está presente na Seção 6.1.

Já as análises a respeito dos pares de questões isomórficas, foram realizadas através do comportamento do percentual de acertos, comparando com as questões anteriores e revotações. Tais resultados estão dispostos na Seção 6.2.

Reservou-se, no final do semestre, uma avaliação para que os alunos pudessem manifestar-se a respeito da metodologia utilizada no semestre. A avaliação está comentada na Seção 6.3.

6. RESULTADOS

Neste capítulo são discutidos os resultados obtidos no acompanhamento da disciplina de Introdução à Astronomia (AST927) realizada no segundo semestre de 2018.

6.1. O TESTE ESTATÍSTICO BINOMIAL

Na presente pesquisa, como discutido na Seção 3.4 sobre o teste estatístico binomial, ao aplicá-lo nas situações de antes e depois, ou seja, nas situações de antes e depois das interações entre os colegas, pode-se obter uma entre duas conclusões: a discussão teve impacto na revotação, ou seja: foi efetiva (efeito significativo); a discussão não teve nenhum efeito sobre as revotações (efeito não significativo).

Nas subseções a seguir, divididas por dia de aplicação, discutem-se todas as Questões Conceituais em que são realizadas as discussões com os colegas e, em seguida, revotações, a fim de concluir se o método é eficiente, ou seja, se as discussões dos alunos foram efetivas para a aprendizagem dos conteúdos conceituais tratados e discutidos em sala. De forma que apresentam-se apenas as questões em que foram realizadas revotações, que correspondem aos Caminhos 01 e 03.

Salienta-se que no Caminho 02 não existe revotação, assim não será tratada nesta seção nenhuma questão referente a esse Caminho, bem como as questões que representam o par isomórfico.

6.1.1. Aplicação 01 – Coordenadas Celestes

A primeira aplicação do método *PI* realizou-se na quarta aula da disciplina, no dia 13 de agosto de 2018, sob a temática de *Coordenadas Celestes*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 01 e 02.
- Caminho 03 – Questões 06 e 07.

Destaca-se que as questões 03 e 08 representam o par isomórfico das questões anteriores e não são analisadas nesta Seção. Já as questões 04 e 05 são referentes ao Caminho 02, e como não há revotação no caminho dois também não são tratadas aqui.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 08: Questões 01 e 02

Caminho 01	
Para ver o maior número possível de estrelas durante o período de um ano, uma pessoa deve estar localizada à latitude	
A) 90 graus.	
B) 45 graus.	
C) 0 graus.	
D) em qualquer lugar, já que a latitude não faz diferença.	

Fonte: GREEN, 2003, p. 42, tradução nossa.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 09: Questões 06 e 07

Caminho 03	
A base física para o sistema equatorial de coordenadas é:	
A) gravidade.	
B) a rotação da Terra em seu eixo.	
C) a revolução da Terra em torno do Sol.	
D) revolução do Sol em torno do centro da galáxia.	

Fonte: GREEN, 2003, p. 42, tradução nossa.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 39 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 10 e 11, representados abaixo:

Quadro 10: Dados obtidos para Q01 e Q02

		Q02		Soma Q01
		C	E	
Q01	C	15	1	16
	E	17	6	23
Soma Q02		32	7	39

Quadro 11: Dados obtidos para Q06 e Q07

		Q07		Soma Q06
		C	E	
Q06	C	8	3	11
	E	2	26	28
Soma Q07		10	29	39

Fonte: Autora, 2019

Assim como discutidas na Seção 3.4 as tabelas de contingência apresentam as respostas dos alunos antes e depois das discussões com os colegas. Elas foram padronizadas para que a última coluna sempre contenha a soma de respostas certas (C) e erradas (E) da votação antes da discussão com os colegas e a última linha contenha sempre a soma das respostas certas (C) e erradas (E) da votação após a discussão com os colegas. Dessa forma a soma da diagonal não principal representa a soma dos alunos que mudaram de respostas após as discussões.

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 04 que informa, na primeira coluna, a questão e o caminho em que ela foi aplicada; na segunda coluna NA representa o número de alternativas da questão; Tr, na terceira coluna, informa a quantidade de trocas que aconteceram entre uma votação e a sua revotação. As próximas colunas informam o *p*-valor, obtido com o teste binomial, e o efeito ao atribuir um nível de significância de 5% no *p*-valor. V₁ e V₂, representam, respectivamente, os percentuais de acertos na primeira votação e na segunda votação, após a discussão. A última coluna traz o número total de alunos participantes na votação, N.

Tabela 04: Resultados Teste Binomial Q01 e Q02; Q06 e Q07.

Questão (Caminho)	NA	Tr	<i>p</i> -valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q01 e Q02 (Caminho 01)	4	18	$8,0 \times 10^{-10}$	significativo	41%	82%	39
Q06 e Q07 (Caminho 03)	4	5	$1,0 \times 10^{-01}$	não significativo	28%	26%	39

Fonte: Autora, 2019.

Como foi a primeira aplicação do método, o professor orientou os alunos sobre a confecção das fichas de votação, a realização das votações e o papel que eles teriam em cada etapa do método: nas questões em que teriam que votar individualmente, nas questões que votariam depois de discutir com os colegas; assim como o seu próprio papel foi esclarecido, de orientador e mediador.

Conforme as anotações realizadas no diário de campo, observa-se que o método teve uma aceitação positiva por parte dos alunos, que logo interagiram entre si, levantando e conversando com os colegas nas horas devidas. O professor circulou pela sala de aula interagindo com os alunos, orientando-os quando necessário.

No Caminho 01 pôde-se observar que os estudantes, ao argumentarem com os colegas a fim de convencê-los sobre o seu ponto de vista, usaram instrumentos diversos, como o corpo, desenhos e gestos. Nota-se que dentro da perspectiva Vygostskyana tais elementos servem para organização e sistematização dos conhecimentos que foi lhes foram apresentados (VIGOTSKI, 1984). Os alunos levantaram-se de seus lugares e procuraram colegas com visões diferentes para argumentarem, criticarem ou contrapor o pensamento do colega ao defender suas ideias.

Tal caminho, através do teste estatístico binomial, teve um efeito positivo (*p*-valor = $8,0 \times 10^{-10}$). Indica que a interação entre os colegas foi efetiva, ao observar que os 41% dos alunos que acertaram a primeira votação (Questão 01) tiveram uma boa argumentação e poder de convencimento, aumentando para 82% o número de acertos na revotação (Questão 02), percentuais ilustrados na Figura 07.

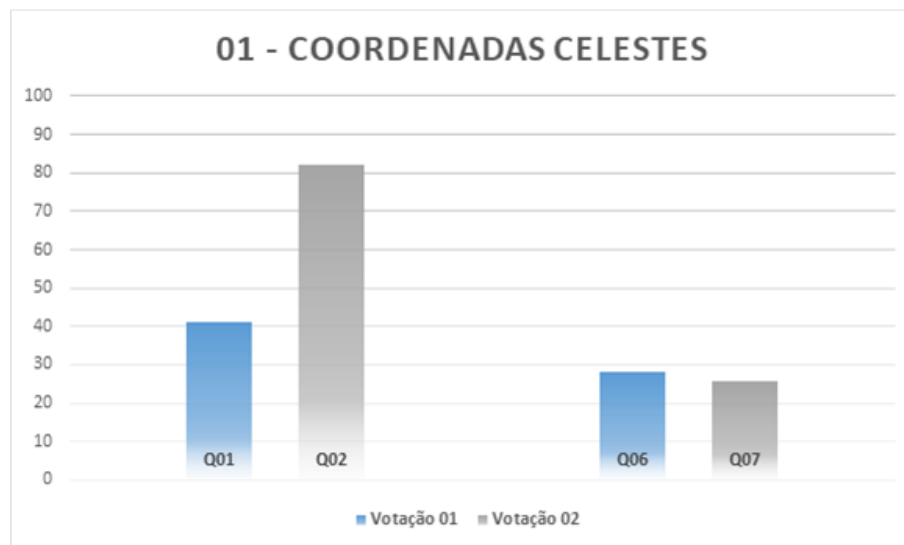


Figura 07: Percentuais de acertos para Q01 e Q02; Q06 e Q07.

No Caminho 03, diferente do Caminho 01, obteve-se um resultado não significativo, ainda que a postura e interação entre os estudantes não tenha divergido de maneira significativa da postura e interação que tiveram no Caminho 01. Especula-se, para tal resultado, que devido ao baixo percentual de acertos (28%) na primeira votação, não havia estudantes o suficiente que tinham compreendido o conceito para convencerem e explicarem para os colegas. Observa-se um elevado número de estudantes (26) que votaram ambas as vezes em uma alternativa incorreta. Contribuindo para que o resultado não pudesse ser positivo e indicando que o conceito apresentado não foi compreendido pelos estudantes. Pode-se observar na Figura 07 que a diferença do percentual de acertos para tal caminho é irrisória, enquanto no Caminho 01, em que se obteve um resultado positivo, a diferença do percentual de acertos é significativa. Também é importante salientar que, ao obter o *feedback* em tempo real, o professor esclarece dúvidas e contribui para melhor entendimento do conceito trabalhado, ao fazer a síntese, após todas as votações.

6.1.2. Aplicação 02 – Coordenadas Celestes

A segunda aplicação do método *PI* realizou-se no dia 20 de agosto de 2018, sob a temática de *Coordenadas Celestes*, continuação do conteúdo das aulas anteriores. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 09 e 10.
- Caminho 03 – Questões 14 e 15.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada Caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

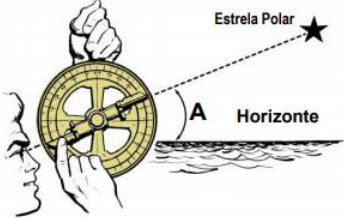
Quadro 12: Questões 09 e 10

Caminho 01
<p>A distância zenital de Polaris, a "Estrela do Norte"</p> <p>A) é sempre de 90°. B) é sempre de $23,5^\circ$ C) é sempre de 0°. D) varia de acordo com sua latitude.</p>

Fonte: GREEN, 2003, p. 43, tradução nossa.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 13: Questões 14 e 15

Caminho 03
 <p>Todo ponto na superfície da Terra é localizado por duas coordenadas, a latitude (tem origem no equador terrestre) e a longitude (tem origem no meridiano de Greenwich). Numa certa noite o GPS de um navio parou de indicar a latitude local. O capitão usou o sextante e mediu a elevação (ângulo A) da estrela Polar em relação ao horizonte como indica a imagem ao lado. Analise as figuras ao lado e assinale a alternativa abaixo que mostra como o capitão obteve a latitude local, B, através da medida da elevação A da estrela Polar.</p> <p>A) $B = 90^\circ + A$ B) $B = 180^\circ - A$ C) $B = 90^\circ - A$ D) $B = A$</p>

Fonte: Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível IV/ 2017

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 40 alunos para o Caminho 01 e 39 alunos para o Caminho 03, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 14 e 15 representados abaixo:

Quadro 14: Dados obtidos para Q09 e Q10

		Q10		Soma Q09
		C	E	
Q09	C	17	3	20
	E	7	13	20
Soma Q10		24	16	40

Quadro 15: Dados obtidos para Q14 e Q15

		Q15		Soma Q14
		C	E	
Q14	C	1	0	1
	E	3	35	38
Soma Q15		04	35	39

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 05: Resultados Teste Binomial Q09 e Q10; Q14 e Q15.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q09 e Q10 (Caminho 01)	4	10	$3,5 \times 10^{-03}$	significativo	50%	60%	40
Q14 e Q15 (Caminho 03)	4	3	$1,6 \times 10^{-02}$	significativo	3%	10%	39

Fonte: Autora, 2019.

Ao estudar a Tabela 05 e analisar a Figura 08 observa-se que a segunda aplicação do *PI* caracterizou-se com efeito significativo em ambos os caminhos. Os alunos discutiram e realizaram representações corporais, argumentado com os colegas. O teste inferiu que, tais discussões foram efetivas e tiveram impacto na revotação, aumentando esse percentual em aproximadamente 10%. No Caminho 03, ainda que o percentual de acertos na primeira votação tenha sido baixo (3%), tem-se um aumento significativo na revotação (10%), mostrando que as discussões apresentaram-se frutíferas também nesta situação. Mesmo que o conceito não estivesse claro para a maioria dos alunos, os poucos que compreenderam foram capazes de convencerem os colegas através de suas argumentações. Em consonância com a Teoria de Vygotsky, tem-se que o conceito talvez não estivesse na Zona de Desenvolvimento Real desses alunos, mas encontrava-se na ZDP, possibilitando que o conceito pudesse ser compreendido e caracterizando no impacto das discussões e melhora no percentual de acertos na revotação (VIGOTSKI, 1984).

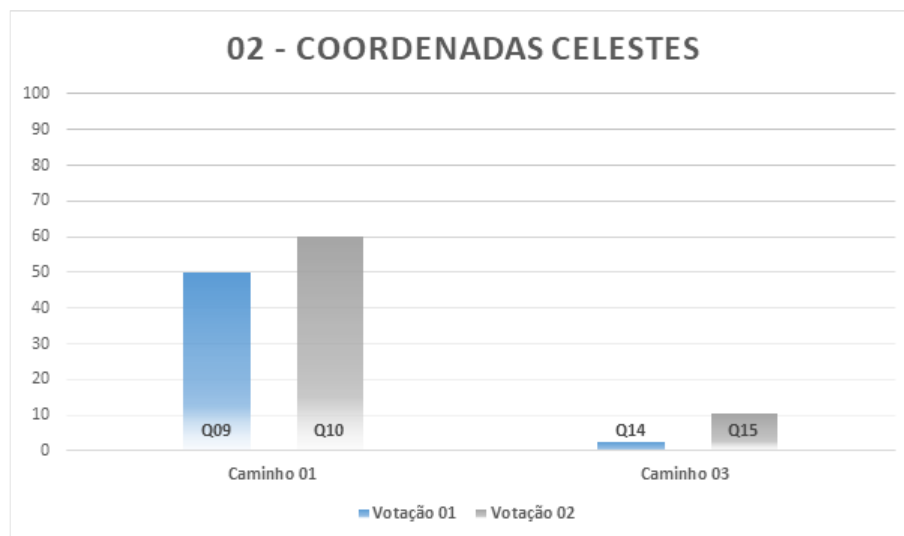


Figura 08: Percentuais de acertos para Q09 e Q10; Q14 e Q15.

6.1.3. Aplicação 03 – Movimento dos Planetas

A terceira aplicação do método *PI* realizou-se no dia 03 de setembro de 2018, sob a temática de *Movimento dos Planetas*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 17 e 18.
- Caminho 03 – Questões 22 e 23.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 16: Questões 17 e 18.

Caminho 01
<p>O movimento retrógrado de Marte é observado a cada dois anos terrestres, sempre que a Terra “ultrapassa” Marte. O movimento retrógrado de Júpiter acontece:</p> <p>A) a cada dois anos terrestres. B) quase todos os anos. C) a cada volta completa de Júpiter em torno do Sol. D) nunca.</p> <p>Dado: período orbital de Marte: 687 dias terrestres; período orbital de Júpiter: 4330 dias terrestres.</p>

Fonte: Adaptado de GREEN, 2003.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 17: Questões 22 e 23.

Caminho 03

Em que posição Vênus está na fase cheia?

A) A
B) B
 C) C
 D) D
 E) nenhuma delas

Fonte: Autora, 2018.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 36 alunos para ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 18 e 19 representados abaixo:

Quadro 18: Dados obtidos para Q17 e Q18

		Q18		Soma Q17
		C	E	
Q17	C	8	0	8
	E	16	12	28
Soma Q18		24	12	36

Quadro 19: Dados obtidos para Q22 e Q23

		Q23		Soma Q22
		C	E	
Q22	C	5	2	7
	E	2	27	29
Soma Q23		7	29	36

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 06: Resultados Teste Binomial Q17 e Q18; Q22 e Q23

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q17 e Q18 (Caminho 01)	4	16	$2,3 \times 10^{-10}$	significativo	22%	67%	36
Q22 e Q23 (Caminho 03)	5	4	$1,8 \times 10^{-01}$	não significativo	19%	19%	36

Fonte: Autora, 2019.

Já familiarizados com a metodologia *PI*, os alunos, logo após a votação individual e já sabendo que deveriam discutir com os colegas, buscavam os colegas para saber o que eles votaram e discutir sobre as alternativas. Nota-se que os alunos não deslocam de seus lugares, mas conversam com os “vizinhos”. Depois de todas as votações eles conversavam e discutiam sobre as questões. Compreende-se que a metodologia incutiu nos alunos a autonomia para

buscarem outros pontos de vista para discussão e argumentação. Para tais argumentações eles utilizavam desde questionamentos que o professor utilizou em aula até respostas e discussões de questões anteriores. Isso, da perspectiva da teoria de aprendizagem, pode ser visto como uma maturação da sintetização e da aplicação do conhecimento em problemas inéditos.

A Figura 09 mostra os percentuais de acertos das questões utilizadas nessa aplicação. Nota-se que houve um ganho significativo no Caminho 01, ainda que o percentual de acertos na primeira votação tenha sido baixo (22%). Os alunos foram argumentativos; mostrando domínio sobre o conceito e convencendo seus colegas sobre seus respectivos pontos de vista.

No Caminho 03 a discussão não se mostrou efetiva, p -valor de $1,8 \times 10^{-1}$. Ambas as votações, para esse caminho, mostraram-se quase idênticas, poucos estudantes trocaram de resposta. Após a intervenção do professor, quando ele revela a resposta correta, os alunos se mostraram insatisfeitos com suas próprias respostas, pois estavam confundindo a respeito do conceito. Porém, como o professor realizava ao final de cada caminho uma pequena intervenção com uma exposição oral, ajudou a esclarecer eventuais confusões. Salienta-se que ao obter o *feedback* em tempo real possibilitou que o professor retomasse a explicação do conceito a fim de sanar as principais dúvidas e confusões.

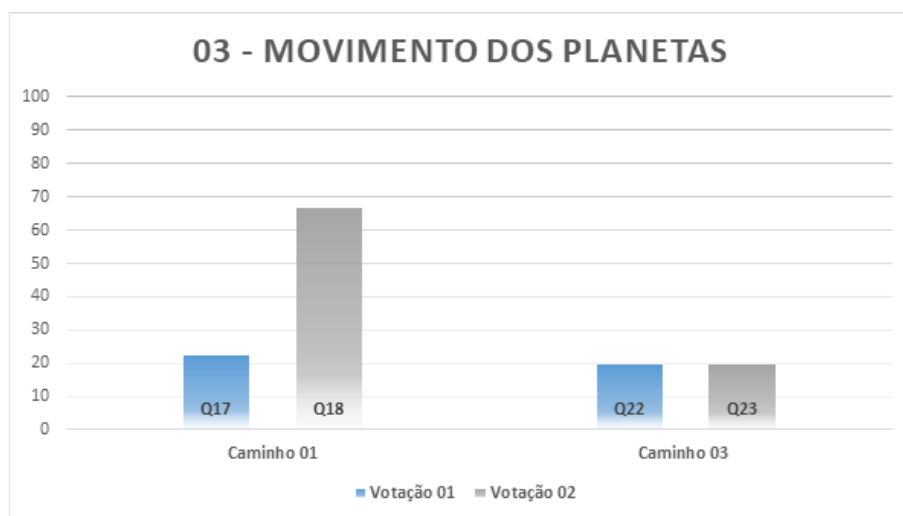


Figura 09: Percentuais de acertos para Q17 e Q18; Q22 e Q23.

6.1.4. Aplicação 04 – Movimento dos Planetas

A quarta aplicação do método *PI* realizou-se no dia 10 de setembro de 2018, sob a temática de *Movimento dos Planetas*, continuação do tema anterior. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 30 e 31.
- Caminho 03 – Questões 25 e 26.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 20: Questões 30 e 31

Caminho 01	
Um planeta nunca pode ser visto em oposição caso sua órbita, em relação à da Terra, tenha:	
<p>A) um raio menor. B) um raio maior. C) um período maior. D) uma excentricidade maior.</p>	

Fonte: GREEN, 2003, p. 87, tradução nossa.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 21: Questões 25 e 26

Caminho 03	
Para um planeta superior do Sistema Solar, a sequência correta de eventos como vista da Terra é:	
<p>A) oposição, quadratura oriental, quadratura ocidental, conjunção. B) oposição, quadratura ocidental, conjunção, quadratura oriental. C) oposição, quadratura oriental, conjunção, quadratura ocidental. D) conjunção, quadratura oriental, quadratura ocidental, oposição.</p>	

Fonte: GREEN, 2003, p. 88, tradução nossa.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 27 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 22 e 23, representados abaixo:

Quadro 22: Dados obtidos para Q30 e Q31

		Q31		Soma Q30
		C	E	
Q30	C	11	0	11
	E	16	0	16
Soma Q31		27	0	27

Quadro 23: Dados obtidos para Q25 e Q26

		Q26		Soma Q25
		C	E	
Q25	C	12	2	14
	E	9	4	13
Soma Q26		21	6	27

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 07: Resultados Teste Binomial Q25 e Q26; Q30 e Q31.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q25 e Q26 (Caminho 03)	4	11	$1,3 \times 10^{-04}$	significativo	52%	78%	27
Q30 e Q31 (Caminho 01)	4	16	$2,3 \times 10^{-10}$	significativo	41%	100%	27

Fonte: Autora, 2019.

A quarta aplicação da metodologia se mostrou frutífera em ambos os caminhos, com bons níveis de significância, que podem ser observados na Figura 10. Os alunos mostraram-se autônomos e seguros, logo depois das votações individuais iam discutir o conceito com os colegas, resultando em um número razoável de trocas de votação para revotação. Destaca-se que tal postura advém da promoção de um ambiente em que oportunizem tais discussões e que colocam os estudantes em uma postura ativa para emitirem suas opiniões e reflexões na argumentação. Isso implica no desenvolvimento da postura crítica e autônoma do indivíduo (DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017). A partir da teoria da aprendizagem de Vygotsky, observa-se que o conceito abordado estava dentro da ZDP dos estudantes que ainda não conseguiam resolver a questão sozinhos. Após a ajuda e mediação dos colegas, foram capazes de compreender e responder corretamente na revotação.

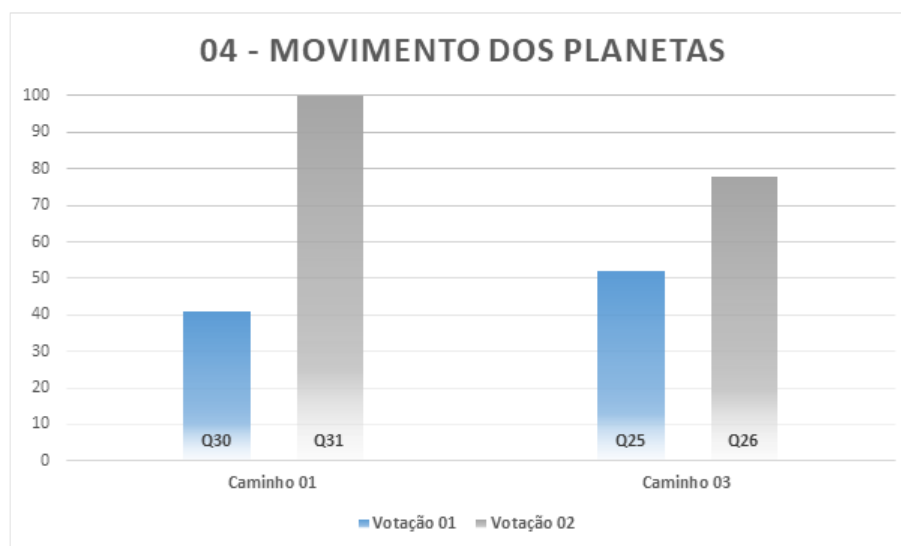


Figura 10: Percentuais de acertos para Q30 e Q31; Q25 e Q26.

6.1.5. Aplicação 05 – Leis de Kepler

A quinta aplicação do método *PI* realizou-se no dia 24 de setembro de 2018, sob a temática de *Coordenadas Celestes*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 36 e 37.
- Caminho 03 – Questões 33 e 34.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 24: Questões 36 e 37

Caminho 01	
<p>Marte tem dois satélites: Fobos - que se move em órbita com semi-eixo maior de 9700 km e período de $2,75 \times 10^4$ s - e Deimos, cuja órbita tem semi-eixo maior de 24300 km. O período de Deimos é aproximadamente igual a:</p>	
<p>A) $2,2 \times 10^4$ s. B) $8,2 \times 10^4$ s. C) $1,1 \times 10^5$ s. D) $2,2 \times 10^6$ s</p>	

Fonte: Autora, 2018.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 25: Questões 33 e 34.

Caminho 03	
<p>O momento angular de um planeta no periélio é L. Quando esse planeta está no afélio seu momento angular é:</p>	
<p>A) maior do que L. B) igual a L. C) menor do que L. D) não há informações suficientes para responder a pergunta</p>	

Fonte: GREEN, 2003, p. 58, tradução nossa.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 30 alunos para o Caminho 01, e 31 alunos para o Caminho 03, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 26 e 27, representados abaixo:

Quadro 26: Dados obtidos para Q36 e Q37

		Q37		Soma Q36
		C	E	
Q36	C	10	2	12
	E	10	8	18
Soma Q37		20	10	30

Quadro 27: Dados obtidos para Q33 e Q34

		Q34		Soma Q33
		C	E	
Q33	C	16	0	16
	E	11	4	15
Soma Q34		27	4	31

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 08: Resultados Teste Binomial Q33 Q34; Q36 e Q37.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q33 e Q34 (Caminho 03)	4	11	$2,4 \times 10^{-07}$	significativo	52%	87%	31
Q36 e Q37 (Caminho 01)	4	12	$3,8 \times 10^{-05}$	significativo	40%	67%	30

Fonte: Autora, 2019.

A quinta aplicação da metodologia apresentou-se de forma positiva para ambos os caminhos, como pode ser observado na Figura 11. Com um número de trocas similar ao da aplicação anterior, nota-se que os alunos, novamente, foram argumentativos e ativos nas discussões que ocorreram em tal aplicação. Nas argumentações dos alunos pôde-se observar que eles utilizaram informações e discussões da aula anterior, em que o professor introduziu o conceito em sala de aula. Também observou que alguns alunos alegaram não saber a resposta e terem respondido de maneira aleatória, o que deu ao grupo de colegas que estavam discutindo oportunidade de explicar a resposta que haviam escolhido. Como as questões trabalhadas nessa aplicação exigiam um cálculo matemático, notou-se que no momento de explicar para o colega o cálculo que realizou para escolha da alternativa encontraram um erro e, conseqüentemente, que sua resposta estava errada. Aproxima-se aqui, novamente, com a internalização e organização das ideias que o estudante faz ao ter que explicar para outro colega o seu raciocínio. Fazendo com que as discussões entre os alunos oportunizem tal momento para a sistematização.

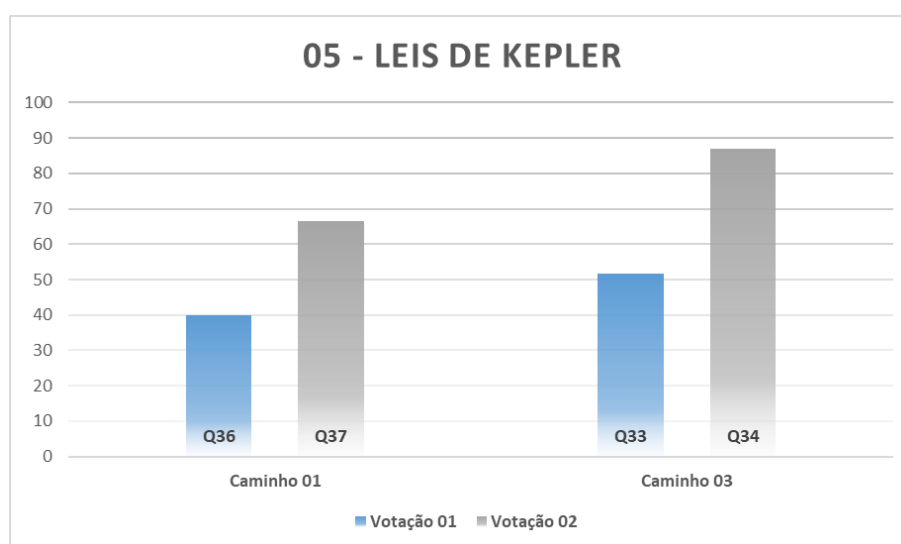


Figura 11: Percentuais de acertos para Q36 e Q37; Q33 e Q34.

6.1.6. Aplicação 06 – Efemérides do Sol

Na sexta aplicação do *PI*, realizada no dia 03 de outubro de 2018, sob a temática de *Efemérides do Sol*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 41 e 42.
- Caminho 03 – Questões 46 e 47.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

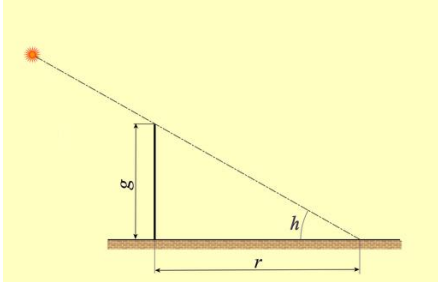
Quadro 28: Questões 41 e 42

Caminho 01
<p>Onde o Sol nasce no horizonte no dia do equinócio de março (início do outono no hemisfério sul)?</p> <p>A) entre o norte e o leste. B) exatamente no leste. C) entre o leste e o sul. D) entre o sul e o oeste. E) exatamente no oeste. F) entre o oeste e o norte.</p>

Fonte: Adaptado de Green, 2003.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 29: Questões 46 e 47

Caminho 03
 <p>A figura mostra um gnômon de altura g que projeta uma sombra de comprimento r quando a elevação do Sol ao cruzar o meridiano local é h. Em qual dos dias abaixo o comprimento da sombra é máximo se o gnômon estiver em Itajubá?</p> <p>A) 1 de março. B) 1 de abril. C) 1 de maio. D) 1 de junho.</p>

Fonte: Autora, 2018.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 29 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 30 e 31, representados abaixo:

Quadro 30: Dados obtidos para Q41 e Q42

		Q42		Soma Q41
		C	E	
Q41	C	4	3	7
	E	6	16	22
Soma Q42		10	19	29

Quadro 31: Dados obtidos para Q46 e Q47

		Q47		Soma Q46
		C	E	
Q46	C	8	3	11
	E	9	9	18
Soma Q47		17	12	29

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 09: Resultados Teste Binomial Q41 e Q42; Q46 e Q47.

Questão (Caminho)	NA	Tr	<i>p</i> -valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q41 e Q42 (Caminho 01)	6	9	$1,1 \times 10^{-03}$	significativo	24%	34%	29
Q46 e Q47 (Caminho 03)	4	12	$3,9 \times 10^{-04}$	significativo	38%	55%	29

Fonte: Autora, 2019.

Já familiarizados com a metodologia os alunos já discutiam sempre depois da votação de qualquer questão com seus vizinhos, a respeito de suas escolhas, pontos de vista e conhecimentos. Nessa aplicação, com preocupação à pouca movimentação que os alunos realizavam nas aplicações anteriores, optou-se por alternar os dias de aplicação, que aconteciam sempre nas segundas-feiras, devido ao tamanho da sala. Na sala de aula da segunda-feira, por ser muito ampla, dava aos alunos um distanciamento muito grande e, conseqüentemente, um número pequeno de “vizinhos”. Já a sala das quartas-feiras era menor e os alunos ficavam mais agrupados. Assim as discussões, sendo realizadas na quarta-feira, poderiam resultar num alcance maior de vizinhos. Ao mudar o dia de aplicação da metodologia e, conseqüentemente a sala de aula, notou-se, conforme as anotações no diário de campo, um aumento nas discussões, pela proximidade com mais colegas, eles interagiram com um número maior de colegas.

A Figura 12 traz a comparação das salas, com a sala de segunda-feira à esquerda e a sala de quarta-feira à direita.



(a)

(b)

Figura 12: sala de aula utilizada nas (a) quartas-feiras (b) segundas-feiras

Observando a Tabela 09 e a Figura 13 nota-se que tal aplicação do *PI* deu-se de maneira significativa em ambos os caminhos. Por estarem mais agrupados, ainda que os alunos continuassem sem sair dos seus lugares, eles discutiam com um número maior de vizinhos, oportunizando mais pontos de vistas e chances de debaterem com pessoas de pensamentos diferentes. Novamente eles mostraram sintetizações de atividades realizadas anteriormente, aplicando nas questões que estavam respondendo em sala.

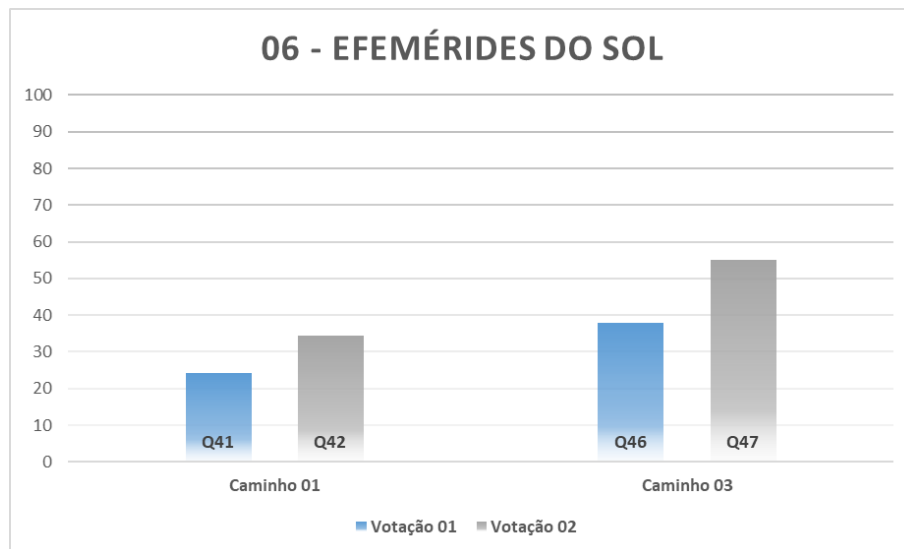


Figura 13: Percentuais de acertos para Q41 e Q42; Q46 e Q47.

6.1.7. Aplicação 07 – Estações do Ano

A sétima aplicação do método *PI* realizou-se no dia 10 de outubro de 2018, sob a temática de *Estações do Ano*, continuação do tema anterior. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 49 e 50.
- Caminho 03 – Questões 54 e 55.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

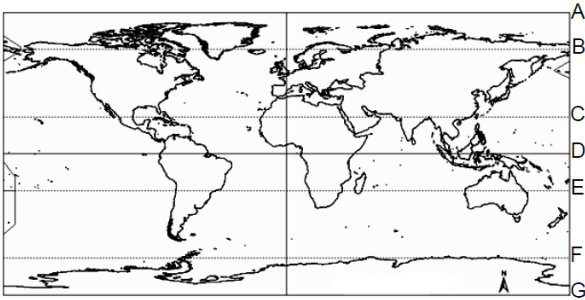
Quadro 32: Questões 49 e 50

Caminho 01
<p>Qual é a declinação do Sol no primeiro dia da primavera no hemisfério sul?</p> <p>A) 0°. B) + 23°26'. C) - 23°26'. D) o Sol não tem declinação porque não é uma estrela fixa.</p>

Fonte: GREEN, 2003, p.44, tradução nossa.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 33: Questões 54 e 55

Caminho 03
 <p>No mapa está representada uma planificação da superfície da Terra, destacando os dois polos geográficos, o Equador, os círculos polares e os trópicos. Eles estão identificados com as letras A, B, C, D, E, F e G à direita do mapa. Escolha a alternativa correta:</p> <p>A) Um observador que esteja entre os paralelos B e F vê o Sol passar pelo zênite duas vezes por ano. B) Quando o Sol está sobre o paralelo C tem início o verão no Hemisfério Sul. C) No solstício de dezembro o Sol está sobre o paralelo E. D) No equinócio de março o Sol cruza a linha D no sentido de C para E.</p>

Fonte: Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível III/ 2014.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 33 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 34 e 35, representados abaixo:

Quadro 34: Dados obtidos para Q49 e Q50

		Q50		Soma Q49
		C	E	
Q50	C	11	2	13
	E	9	11	20
Soma Q50		20	13	33

Quadro 35: Dados obtidos para Q54 e Q55

		Q55		Soma Q54
		C	E	
Q54	C	28	0	28
	E	5	0	5
Soma Q55		33	0	33

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 10: Resultados Teste Binomial Q49 e Q50; Q54 e Q55.

Questão (Caminho)	NA	Tr	<i>p</i> -valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q49 e Q50 (Caminho 01)	4	11	$3,3 \times 10^{-02}$	significativo	39%	61%	33
Q54 e Q55 (Caminho 03)	4	5	$3,1 \times 10^{-02}$	significativo	85%	100%	33

Fonte: Autora, 2019.

Essa aplicação da metodologia se mostrou frutífera em ambos os caminhos, com bons níveis de significância, que podem ser observados na Figura 14. Os alunos mostraram-se autônomos e dedicados com a metodologia. Nas horas de lerem e responderem as questões individuais eram silenciosos e concentrados. Quando a votação individual terminava eles já buscavam os colegas mais próximos e discutiam. Observou-se alunos utilizando também de questionamentos de raciocínio lógico nas argumentações para convencer o colega ou explicar o seu ponto de vista.

Assim conclui-se que os estudantes têm desenvolvido tanto a autonomia e argumentação, como a criticidade para a resoluções das questões. Buscando entendê-las e não memorizar conceitos ou algoritmos de resolução de equações.

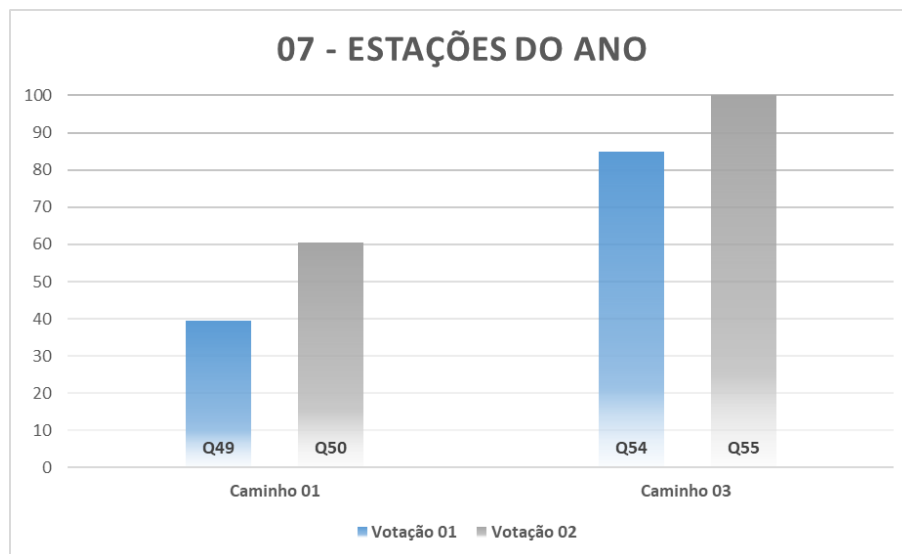


Figura 14: Percentuais de acertos para Q49 e Q50; Q54 e Q55.

6.1.8. Aplicação 08 – Tempo

A oitava aplicação do método *PI* realizou-se no dia 24 de outubro de 2018, sob a temática de *Tempo*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

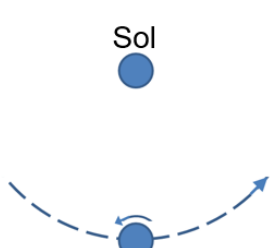
- Caminho 01 – Questões 57 e 58.
- Caminho 03 – Questões 62 e 63.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 36: Questões 57 e 58

Caminho 01



A figura mostra um planeta em que tanto o movimento de rotação em torno de seu próprio eixo quanto o movimento orbital têm sentido anti-horário quando visto do hemisfério norte. Para esse planeta é correto afirmar que a duração do dia sideral

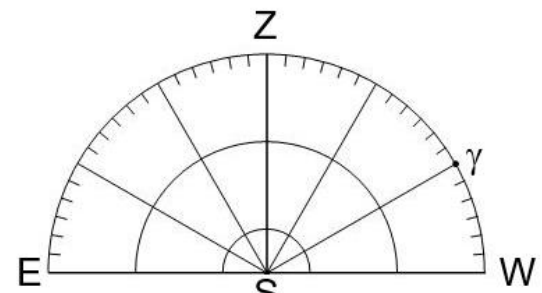
A) é maior do que a duração do dia solar médio.
B) é igual à duração do dia solar médio.
C) é menor do que a duração do dia solar médio.
D) depende do semi-eixo maior da órbita.

Fonte: Autora, 2018.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 37: Questões 62 e 63

Caminho 03



Uma pessoa sobre a linha do equador vê a esfera celeste girar no sentido horário em torno do polo sul celeste, que está no horizonte. O ponto vernal é representado pela letra g. Qual é o tempo sideral no instante mostrado na figura?

A) 2^h
B) 4^h
C) 20^h
D) 22^h

Fonte: Autora, 2018.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 22 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 38 e 39, dispostos abaixo:

Quadro 38: Dados obtidos para Q57 e Q58

		Q58		Soma Q57
		C	E	
Q57	C	10	2	12
	E	9	1	10
Soma Q58		19	3	22

Quadro 39: Dados obtidos para Q62 e Q63

		Q63		Soma Q62
		C	E	
Q62	C	15	3	18
	E	4	0	4
Soma Q63		19	3	22

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 11: Resultados Teste Binomial Q57 e Q58; Q62 e Q63.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q57 e Q58 (Caminho 01)	4	11	$1,3 \times 10^{-04}$	significativo	55%	86%	22
Q62 e Q63 (Caminho 03)	4	7	$7,1 \times 10^{-02}$	não significativo	82%	86%	22

Fonte: Autora, 2019.

A aplicação da metodologia neste dia se mostrou significativa para Caminho 01, mas no Caminho 03 nota-se que apesar do aumento do percentual de acertos, disposto na Figura 15, não houve significância.

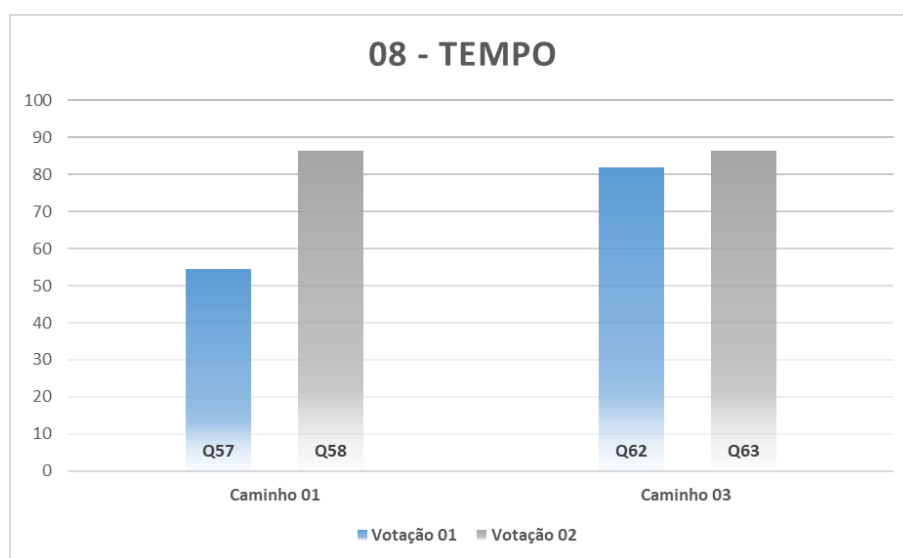


Figura 15: Percentuais de acertos para Q57 e Q58; Q62; Q63.

Esta aplicação apresentou o menor número de alunos presentes. Consequentemente houve menos interações. Destaca-se o caso de uma estudante que não quis debater com nenhum colega, realizando todas as votações de forma individual, nenhum outro colega veio discutir com ela também. O professor orientou e argumentou com ela, porém ela ainda decidiu por não sair do lugar e debater com seus companheiros de sala. Isso evidencia que a aplicação poderá

encontrar resistência por parte dos alunos. Cada dia de aplicação é única, diferenciando das outras justamente pela composição dos alunos. Eles compõem um número razoável de participantes e responsáveis por fazerem a metodologia fluir.

6.1.9. Aplicação 09 – Efemérides da Lua

A nona aplicação do método *PI* realizou-se no dia 07 de novembro de 2018, sob a temática de *Efemérides da Lua*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 65 e 66.
- Caminho 03 – Questões 70 e 71.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 40: Questões 65 e 66

Caminho 01
<p>Se a Lua nascer hoje às 22 h 30 min, amanhã ela:</p> <p>A) vai nascer às 21 h 45 min. B) vai nascer às 22 h 30 min. C) vai nascer às 23 h 15 min. D) não vai nascer.</p>

Fonte: Adaptado de GREEN, 2003.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 41: Questões 70 e 71

Caminho 03		
Dia	Ascensão reta	Declinação
31/7	22 ^h 59 ^m 26 ^s	- 9°52'04".2
1/8	23 ^h 45 ^m 47 ^s	- 5°52'03".4
2/8	00 ^h 32 ^m 07 ^s	- 1°34'15".7
3/8	01 ^h 19 ^m 08 ^s	2°52'10".6
4/8	02 ^h 07 ^m 34 ^s	7°17'04".5

A tabela mostra as coordenadas equatoriais da Lua em alguns dias de julho e agosto de 2018. Em que momento ela passou do hemisfério sul para o hemisfério norte?

A) entre os dias 31/07 e 01/08
 B) entre os dias 01/08 e 02/08
C) entre os dias 02/08 e 03/08
 D) entre os dias 03/08 e 04/08

Fonte: Autora, 2018.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 36 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 42 e 43, representados abaixo:

Quadro 42: Dados obtidos para Q65 e Q66

		Q66		Soma Q65
		C	E	
Q65	C	31	0	31
	E	4	1	5
Soma Q66		35	1	36

Quadro 43: Dados obtidos para Q70 e Q71

		Q71		Soma Q71
		C	E	
Q70	C	33	0	33
	E	3	0	3
Soma Q71		36	0	36

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 12: Resultados Teste Binomial Q65 e Q66; Q70 e Q71.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q65 e Q66 (Caminho 01)	4	4	$3,9 \times 10^{-03}$	significativo	86%	97%	36
Q70 e Q71 (Caminho 03)	4	3	$1,6 \times 10^{-02}$	significativo	92%	100%	36

Fonte: Autora, 2019.

Ao analisar os resultados dispostos na tabela acima nota-se que, em ambos os caminhos, os ganhos foram significativos, e com altos níveis de acertos em ambas as votações. Entende-se que o conceito estava dentro da Zona de Desenvolvimento Real da maioria dos

estudantes, fazendo com que – após as interações – aumentassem ainda mais o percentual de acertos, o que significa que o conceito estava bem esclarecido entre os estudantes.

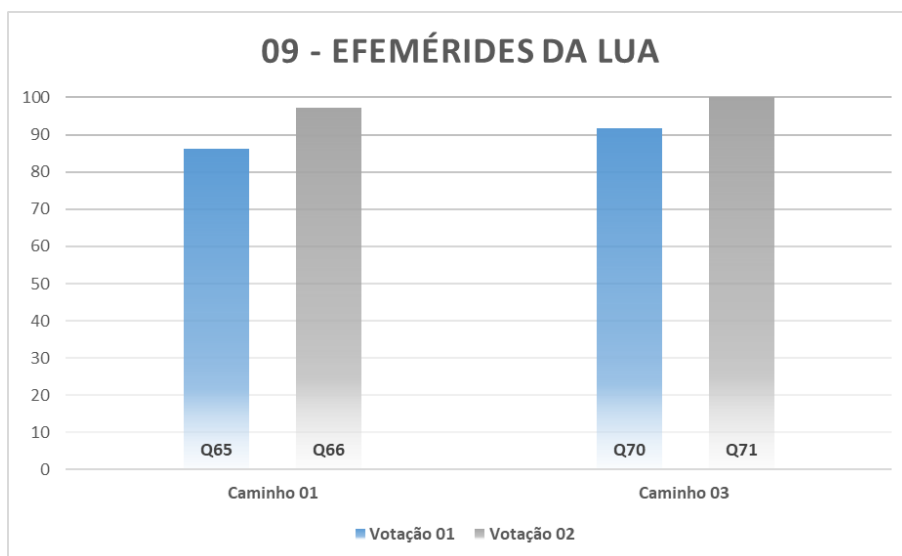


Figura 16: Percentuais de acertos para Q65 e Q66; Q70 e Q71.

6.1.10. Aplicação 10 – Fases da Lua e Eclipses

A décima aplicação do método *PI* realizou-se no dia 14 de novembro de 2018, sob a temática de *Fases da Lua e Eclipses*. As questões utilizadas em tal aula dividiram-se da seguinte forma:

- Caminho 01 – Questões 73 e 74.
- Caminho 03 – Questões 78 e 79.

Os quadros e tabelas a seguir trazem as questões conceituais utilizadas; os dados obtidos em cada caminho e suas respectivas análises: do teste estatístico binomial e da aproximação da metodologia com a Teoria da aprendizagem de Vygotsky.

Para o Caminho 01 tem-se a seguinte configuração:

Quadro 44: Questões 73 e 74


Caminho 01
<p>Um eclipse da Lua acontece quando a Terra se encontra entre o Sol e a Lua. Qual é a fase da Lua nesse momento?</p> <p>A) Nova. B) Crescente. C) Cheia. D) Minguante.</p>

Fonte: GREEN, 2003, p. 46, tradução nossa.

Para o Caminho 03 tem-se a seguinte configuração:

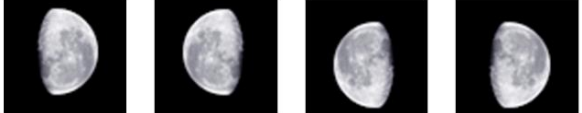
Quadro 45: Questões 78 e 79

Caminho 03



A figura mostra a Lua como será vista no dia 28/11/2018 por um observador no hemisfério sul. Qual alternativa corresponde à Lua vista do hemisfério norte nesse mesmo dia?

a b c d



Fonte: Autora, 2018.

As respectivas votações e revotações realizadas, por um total de 31 alunos, em ambos os caminhos, deram-se de acordo com os dados dispostos nos Quadros 46 e 47, dispostos abaixo:

Quadro 46: Dados obtidos para Q73 e Q74

		Q74		Soma Q73
		C	E	
Q73	C	21	3	24
	E	3	4	7
Soma Q74		24	7	31

Quadro 47: Dados obtidos para Q78 e Q79

		Q79		Soma Q78
		C	E	
Q78	C	22	0	22
	E	4	5	9
Soma Q79		26	5	31

Fonte: Autora, 2019

Ao aplicar o teste binomial nas situações de antes e depois das votações, em ambos os caminhos, obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 13: Resultados Teste Binomial Q73 e Q74; Q78 e Q79.

Questão (Caminho)	NA	Tr	p-valor	Efeito	V ₁	V ₂	N
Q73 e Q74 (Caminho 01)	4	6	$1,7 \times 10^{-01}$	não significativo	80%	80%	30
Q78 e Q79 (Caminho 03)	4	4	$3,9 \times 10^{-03}$	significativo	73%	87%	30

Fonte: Autora, 2019.

De forma análoga à aplicação anterior, a décima aplicação da metodologia também obteve um percentual alto de acertos da primeira votação em ambos os caminhos (Q73: 80% e Q78: 73%) representados na Figura 17. Nota-se que no Caminho 01 não houve significância no aumento do percentual de acertos da segunda votação.

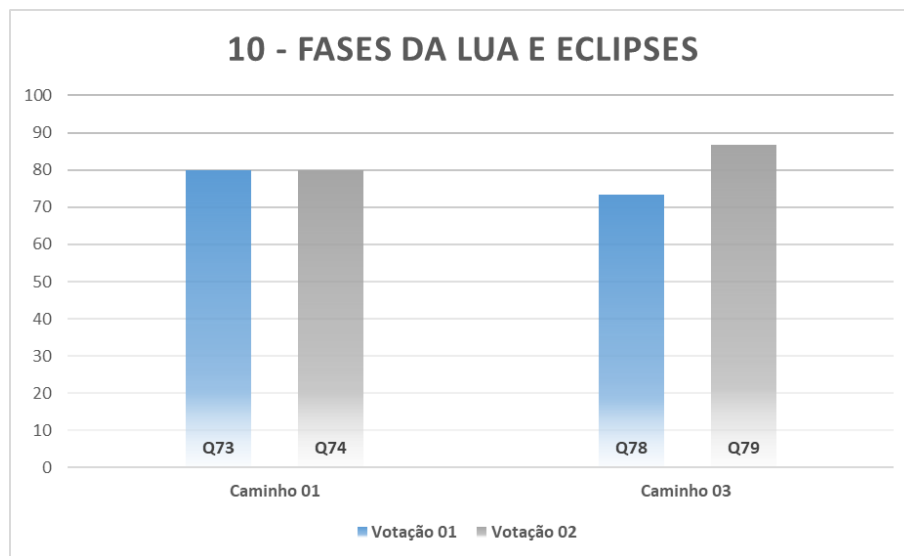


Figura 17: Percentuais de acertos para Q73 e Q74; Q78 e Q79.

As discussões vivenciadas nessa aplicação aconteceram de maneira análoga às outras aplicações. Havia um número razoável de alunos em sala de aula. Eles, já familiarizados com a metodologia, sempre discutiam com seus colegas. Observou-se que uma estudante, ao tentar convencer um colega insatisfeito com o ponto de vista dela, sobre a resposta da Q78, ao explicar a sua resposta notou que estava equivocada e ela que mudou de resposta. Vê-se que as discussões, já tão familiares e comuns entre os estudantes, não eram apenas para conferir as respostas e “copiar” a resposta do aluno mais capaz. A metodologia auxiliou no desenvolvimento da análise conceitual de tais estudantes ao ponto que, para modificarem suas respostas, era necessário que se esclarecesse o porquê ela era a resposta certa. Tais explicações são vistas como uma forma de internalização do conhecimento desenvolvido pelos estudantes.

Assim, encontram-se pontos em que é possível articular prática e teoria. Elucidados anteriormente, a partir dos dados obtidos, tem-se que o estudante é um ser histórico, inserido em uma cultura e contexto e não uma tábula rasa em que o professor-mestre vai depositar o conhecimento. Na metodologia *PI* as atividades prévias são interpretadas como uma forma de conhecer o aluno e o seu conhecimento prévio. É importante que o professor compreenda o conhecimento prévio dos alunos, bem como suas concepções alternativas a fim de ajudá-los a superá-las. Importante também, porque no cenário em que está inserida a pesquisa, principalmente pela disciplina possuir um caráter optativo para a maioria dos alunos matriculados, pode-se encontrar alunos com diversos níveis de conhecimento acerca dos conceitos de Astronomia. Ao analisar as atividades prévias propostas na disciplina o professor pôde traçar um cronograma que melhor adaptasse à turma.

Outro ponto que chama a atenção, destacado por Mazur (2015), é que a metodologia estimula os estudantes a verbalizarem seus pensamentos ao interagirem com os colegas para convencê-los de uma resposta. Isso pode ser iluminado com os conceitos da Linguagem e da Mediação desenvolvidos por Vygotsky (2009), ao defender que a linguagem tem um papel central na sua teoria, e é considerado o momento mais significativo do desenvolvimento cognitivo, quando o indivíduo, ao verbalizar algum conflito, formula um plano de ação para solucionar o conflito e, ao ser mediado por outra pessoa – e deve ser mediado – o indivíduo passa da Zona de Desenvolvimento Potencial para a Zona de Desenvolvimento Real, ou seja, a aprendizagem acontece dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (VYGOTSKY, 2009). Portanto, ao colocar os estudantes em uma posição ativa, que estimula a sua reflexão sobre determinada situação, exigindo que estes argumentem e se expressem a favor ou contra as proposições conceituais, está-se também estimulando a sua postura autônoma. Tal postura é essencial para a construção do indivíduo que no futuro apresentará maior criticidade ao exercitar a sua liberdade, tendo autonomia na tomada de decisões em diversos momentos de sua vivência (BERBEL, 2011; DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017).

As características apresentadas anteriormente condizem com a síntese do pensamento de Vygotsky que integra “o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e ser social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico” (OLIVEIRA, 2010, p. 23-24) e que defende que os processos mentais superiores têm origem em processos sociais, ou seja, que o indivíduo irá desenvolver-se cognitivamente ao internalizar e apropriar-se dos signos e instrumentos com os quais irá interagir. (DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017; VYGOTSKY, 2009).

Todos os resultados obtidos através do Teste Binomial estão dispostos na Tabela 14.

Tabela 14: Resultados Teste Binomial

Questão (Caminho)	NA	Tr	<i>p</i> -valor	Significância	V ₁	V ₂	N
Q01 e Q02 (Caminho 01)	4	18	$8,0 \times 10^{-10}$	significativo	41%	82%	39
Q06 e Q07 (Caminho 03)	4	5	$1,0 \times 10^{-01}$	não significativo	28%	26%	39
Q09 e Q10 (Caminho 01)	4	10	$3,5 \times 10^{-03}$	significativo	50%	60%	40
Q14 e Q15 (Caminho 03)	4	3	$1,6 \times 10^{-02}$	significativo	3%	10%	39
Q17 e Q18 (Caminho 01)	4	16	$2,3 \times 10^{-10}$	significativo	22%	67%	36
Q22 e Q23 (Caminho 03)	5	4	$1,8 \times 10^{-01}$	não significativo	19%	19%	36
Q25 e Q26 (Caminho 03)	4	11	$1,3 \times 10^{-04}$	significativo	52%	78%	27
Q30 e Q31 (Caminho 01)	4	16	$2,3 \times 10^{-10}$	significativo	41%	100%	27
Q33 e Q34 (Caminho 03)	4	11	$2,4 \times 10^{-07}$	significativo	52%	87%	31
Q36 e Q37 (Caminho 01)	4	12	$3,8 \times 10^{-05}$	significativo	40%	67%	30
Q41 e Q42 (Caminho 01)	6	9	$1,1 \times 10^{-03}$	significativo	24%	34%	29
Q46 e Q47 (Caminho 03)	4	12	$3,9 \times 10^{-04}$	significativo	38%	55%	29
Q49 e Q50 (Caminho 01)	4	11	$3,3 \times 10^{-02}$	significativo	39%	61%	33
Q54 e Q55 (Caminho 03)	4	5	$3,1 \times 10^{-02}$	significativo	85%	100%	33
Q57 e Q58 (Caminho 01)	4	11	$1,3 \times 10^{-04}$	significativo	55%	86%	22
Q62 e Q63 (Caminho 03)	4	7	$7,1 \times 10^{-02}$	não significativo	82%	86%	22
Q65 e Q66 (Caminho 01)	4	4	$3,9 \times 10^{-03}$	significativo	86%	97%	36
Q70 e Q71 (Caminho 03)	4	3	$1,6 \times 10^{-02}$	significativo	92%	100%	36
Q73 e Q74 (Caminho 01)	4	6	$1,7 \times 10^{-01}$	não significativo	80%	80%	30
Q78 e Q79 (Caminho 03)	4	4	$3,9 \times 10^{-03}$	significativo	73%	87%	30

Fonte: Autora, 2019.

Os dados da Tabela 14 estão representados na Figura 18, o eixo horizontal representa o percentual de acertos para as questões na primeira votação. O eixo vertical representa o percentual de acertos para as questões na segunda votação. A linha tracejada demarca a região do gráfico em que o resultado das duas votações é igual. Observa-se que numa única questão o percentual na segunda votação foi menor do que na primeira votação (ponto à direita da linha tracejada). Em duas questões os percentuais se mostram iguais (pontos sobre a linha tracejada). Em todas as outras questões os percentuais de acertos na segunda votação foram maiores que na primeira votação.

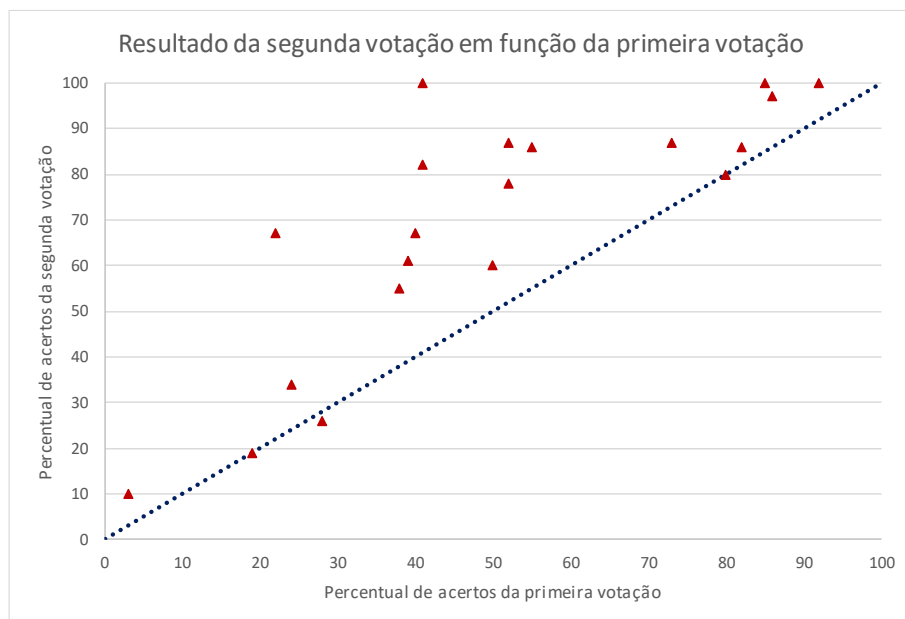


Figura 18: Resultado da segunda votação em função da primeira votação. Fonte: Autora, 2019.

6.2. ISOMORFISMO

Como já mencionado na Seção 3.3, as questões isomórficas têm por objetivo investigar se os alunos estão realmente aprendendo com a discussão dos colegas ou se estão apenas imitando um “parceiro mais capaz” no momento da revotação. Na disciplina de AST927 foram aplicados 20 pares de Questões Conceituais Isomórficas (Apêndice A).

Ao analisar as aplicações da metodologia *PI* encontraram-se situações, como no caso da Figura 19, em que os percentuais se mostraram semelhantes aos encontrados por Smith et al. (2011). Esses autores concluíram que os estudantes investigados apresentam ganhos de aprendizado em todos os Caminhos (Caminho 01: Discussão com os Colegas; Caminho 02: Explicação do Professor e Caminho 03: Combinação), mas que no Caminho 03: Combinação os ganhos são substancialmente maiores do que nos outros dois. Inferindo que a explicação do professor contribui substancialmente para a aprendizagem desses estudantes, porém não somente ela, considerando a parte significativa das discussões entres os estudantes que também acontece.

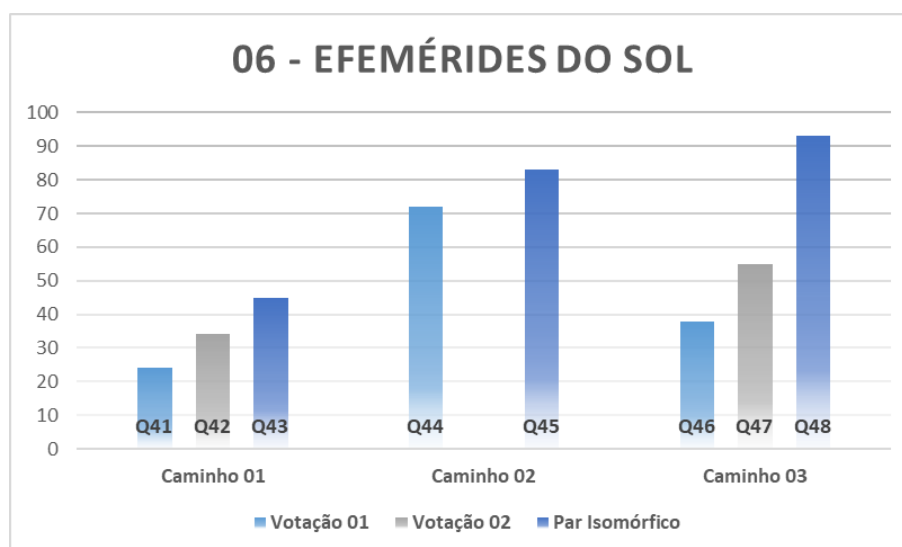


Figura 19: Aplicação 06 – Efemérides do Sol. Fonte: Autora, 2019.

Analisando estatisticamente cada uma das votações de questão para questão, tem-se que em todas as votações as diferenças foram significativas, descartando que os resultados obtidos tenham acontecido por acaso. Por exemplo, aplicando o teste binomial em todos os casos tem-se as seguintes disposições apresentadas na Tabela 15:

Tabela 15: Teste Binomial. – Aplicação 06 – Efemérides do Sol

Questão (Caminho)	NA	Tr	<i>p</i> -valor	Significância	V ₁	V ₂	N
Q41 e Q42 (Caminho 01)	6	9	$1,1 \times 10^{-03}$	significativo	24%	34%	29
Q42 e Q43 (Caminho 01)	6	12	$1,6 \times 10^{-04}$	significativo	34%	45%	29
Q44 e Q45 (Caminho 02)	4	7	$1,3 \times 10^{-02}$	significativo	72%	83%	29
Q46 e Q47 (Caminho 03)	4	12	$3,9 \times 10^{-04}$	significativo	38%	55%	29
Q47 e Q48 (Caminho 03)	4	12	$2,2 \times 10^{-06}$	significativo	55%	93%	29

Fonte: Autora, 2019.

Todas as situações se mostraram significativas. Na primeira situação (Caminho 01) as discussões entre os colegas podem ser consideradas significativas (*p*-valor < 5%) e tiveram impacto nas respostas da segunda votação que, por sua vez, também foi significativa para a compreensão do conceito e para que os alunos respondessem de maneira correta no par isomórfico (Q42 e Q43). No Caminho 02 também se observou significância após a intervenção do professor. No Caminho 03 notou-se os maiores níveis de significância, mostrando que ambas as intervenções – discussões com os colegas e intervenção do professor – foram frutíferas e que os percentuais de acertos não foram decorrências de escolhas aleatórias dos estudantes.

Mas também há situações, como exemplificado na Figura 20, que para o Caminho 01 houve um bom resultado, evidenciando o que já estava discutido na literatura: a interação (que apresentou-se significativa, pelo teste binomial) implicou um aumento na segunda e terceira votações. Porém para os dois caminhos seguintes (02 e 03) os percentuais para as questões

isomórficas foram menores e a diferença foi, estatisticamente significativa (p -valor < 5%). Diante desse resultado investigou-se, como discutido a seguir, se as questões eram, de fato, pares isomórficos.

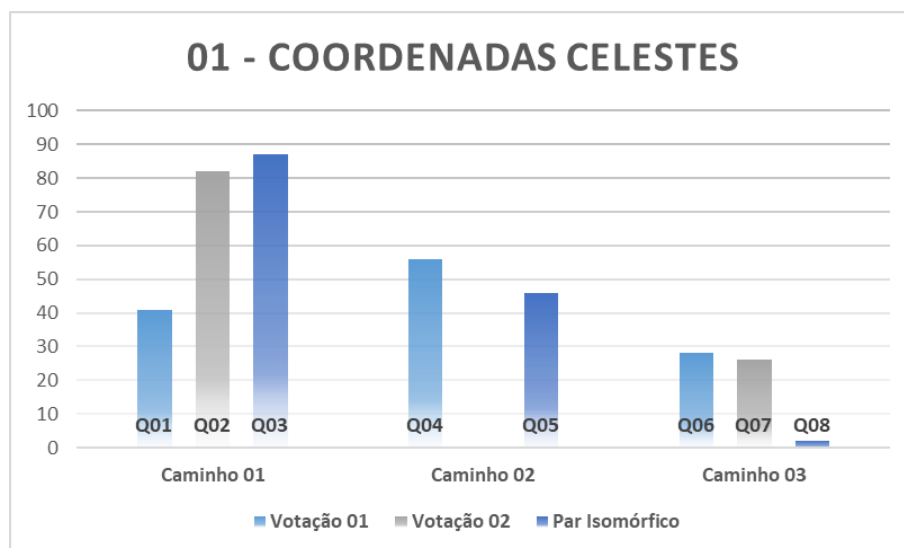


Figura 20: Aplicação 01 – Coordenadas Celestes. Fonte: Autora, 2019.

Portanto, ao analisar cuidadosamente as questões aplicadas e a distribuição de respostas ficou evidente que certos pares, aparentemente isomórficos, revelaram-se não isomórficos. O que pode ter contribuído para que os resultados fossem decrescentes. Um exemplo, delineado no Quadro 48, mostra um par que aparentemente era isomórfico, mas devido à investigação a partir das respostas obtidas para esse par constatou-se que ele exigia competências diferentes. Pela distribuição de respostas às alternativas das questões 25 e 26 observa-se que os alunos estavam confundindo os termos “oriental” e “ocidental”. Pois em ambas as perguntas houve uma concentração de votos para ambas as alternativas que continham as opções, alternativas B e C. Porém, depois da discussão dos colegas nota-se que os alunos migraram para a resposta certa, indicando que as confusões foram esclarecidas. Mas ao responder à questão 27 nota-se que os percentuais de acerto foram menores e ao analisar a questão conceitual observou-se que na questão foram cobrados dois novos conceitos (conjunção inferior e conjunção superior) que não haviam sido cobrados nas questões anteriores. Portanto conclui-se que as questões não são isomórficas.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Porter et al. (2011, p. 47, tradução nossa) que observam que “questões consideradas isomórficas pelos professores não são necessariamente isomórficas para os estudantes”.

Quadro 48: Enunciados Q25; Q26 e Q27

<p>25) e 26) Para um planeta superior do Sistema Solar, a sequência correta de eventos como vista da Terra é:</p> <p>A) oposição, quadratura oriental, quadratura ocidental, conjunção.</p> <p>B) oposição, quadratura ocidental, conjunção, quadratura oriental.</p> <p>C) oposição, quadratura oriental, conjunção, quadratura ocidental.</p> <p>D) conjunção, quadratura oriental, quadratura ocidental, oposição.</p>	<p>27) Para um planeta inferior do Sistema Solar, a sequência correta de eventos como vista da Terra é:</p> <p>A) conjunção superior, maior elongação oriental, conjunção inferior, maior elongação ocidental.</p> <p>B) conjunção inferior, maior elongação oriental, conjunção inferior, maior elongação ocidental.</p> <p>C) conjunção superior, maior elongação ocidental, conjunção inferior, maior elongação oriental.</p> <p>D) conjunção inferior, maior elongação oriental, oposição, maior elongação ocidental.</p>
--	--

Fonte: GREEN, 2003, p. 88, tradução nossa.

Fonte: Adaptado de GREEN, 2003.

Um outro par, utilizado na Aplicação 05 – Leis de Kepler, revelou-se, também, um falso par isomórfico. Representado no Quadro 49 cada questão, aparentemente isomórfica à primeira vista, exigem competências diferentes dos alunos para resolvê-las. A primeira questão, Q36-37, exige que o aluno saiba o conceito da Lei dos Períodos, de Kepler, e realize apenas o cálculo do período para respondê-la. Já a questão Q38 exige um conceito novo que não aparece na questão anterior, o cálculo da razão entre os períodos. Assim constata-se que o par não é de fato isomórfico, o que é consistente com o baixo percentual de acertos na Q38.

Quadro 49: Enunciados Q36; Q37 e Q38

<p>36) e 37) Marte tem dois satélites: Fobos - que se move em órbita com semi-eixo maior de 9700 km e período de $2,75 \times 10^4$ s - e Deimos, cuja órbita tem semi-eixo maior de 24300 km. O período de Deimos é aproximadamente igual a:</p> <p>A) $2,2 \times 10^4$ s.</p> <p>B) $8,2 \times 10^4$ s.</p> <p>C) $1,1 \times 10^5$ s.</p> <p>D) $2,2 \times 10^6$ s</p>	<p>38) Uma sonda espacial descreve uma órbita elíptica em torno de Júpiter, cujo semi-eixo maior é a_1. Algum tempo depois, ela passa a descrever uma órbita com semi-eixo maior igual a $2 a_1$. A razão entre o período da segunda órbita P2 e o período da primeira órbita P1 é:</p> <p>A) 0,5.</p> <p>B) 2</p> <p>C) $\sqrt[3]{64}$</p> <p>D) $\sqrt{8}$</p>
--	---

Fonte: Autora, 2018

Fonte: GREEN, 2003, p. 58, tradução nossa

6.3. AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PELOS ALUNOS

No último dia de aula realizou-se uma avaliação da disciplina para que os alunos respondessem de forma a compreender a visão deles sobre a aplicação da metodologia *PI*. A avaliação está contida no Apêndice C.

Elaborada em 10 perguntas, o aluno teve espaço para emitir sua opinião pessoal sobre as atividades realizadas em sala (Listas de Exercícios e a resolução das Questões Conceituais – *PI*) e no Moodle. A avaliação não foi realizada de forma anônima, porém, a fim de preservar a

identidade dos alunos na presente pesquisa, enumerou-se de forma randômica, as respostas de 1 a 34 (total de alunos que realizaram a avaliação). A avaliação pode ser dividida em duas partes. Na primeira parte concentrou-se quatro perguntas em relação à realização da metodologia e na segunda parte, com seis perguntas, relacionou-se à construção do conhecimento em relação à metodologia *PI*.

Na primeira parte as perguntas abordavam, principalmente, sobre a quantidade de questões/atividades que os alunos achavam adequadas para a metodologia utilizada em aula. De forma que a respostas eram padronizadas em A) houvesse mais questões (Conceituais em sala de aula; no Moodle e Listas em sala de aula). B) houvesse o mesmo número de questões. C) houvesse menos questões e D) não houvesse questões. A Figura 21 mostra uma sintetização das respostas obtidas.

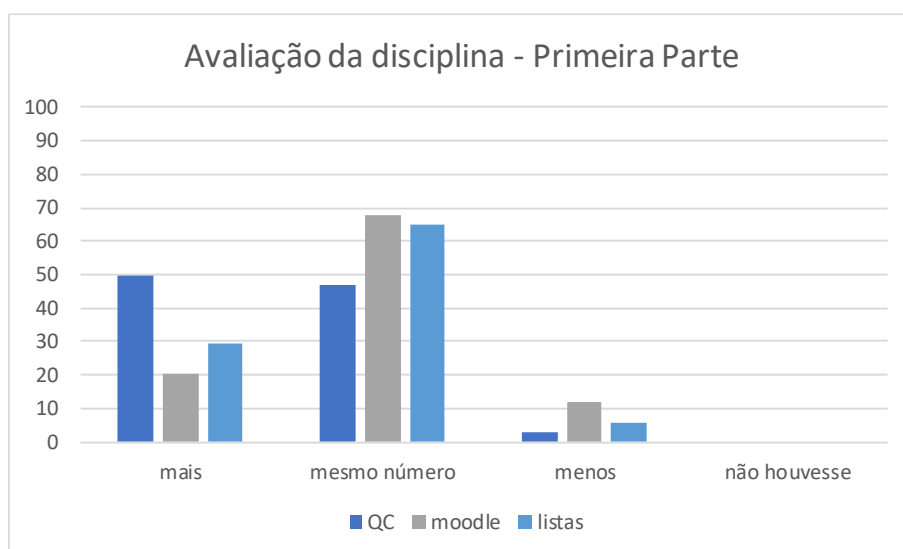


Figura 21. Avaliação da disciplina – Primeira Parte

Nota-se que os percentuais concentram-se em “mais” e “mesmo número” (de questões/atividades). A cada pergunta o professor pedia que o aluno justificasse sua resposta, de modo que inferiu que houve muitos alunos que confundiram-se na interpretação da primeira pergunta (QC), achando que o número de questões conceituais seria aquele utilizado em uma aula e não durante o semestre. Ainda assim nota-se a preferência para que a metodologia *PI* seja utilizada.

A Tabela 16 apresenta fragmentos das respostas dos alunos da pergunta 02, sobre as atividades realizadas no Moodle. Salienta-se que foi respeitada a grafia e pontuação originais dos respondentes.

Tabela 16: Avaliação – Moodle

Aluno	Fragmento
Aluno 01	<i>Escolhi a letra b [houvesse o mesmo número de questões desse tipo no Moodle], pois achei muito valido poder fazer uma breve introdução do conteúdo que iria ser trabalhado na sala de aula, com antecedencia; Ao considerar que isso (introdução/revisão) deveria ser feito antes de cada e qualquer aula, essa tecnica seria comum, porem com a necessidade de fazer a atividade faz com que o aluno tenha uma certa obrigação em revisar o conteúdo. Achei que a quantidade de questões disponibilizadas estava, adequadas para o conteúdo.</i>
Aluno 14	<i>Os exercícios no Moodle ajudam muito no conhecimento prévio da matéria antes da aulas, nos ajudando a compreender melhor os conceitos e mantendo o número de atividades no Moodle acho que é o número perfeito (1 exercício por semana)</i>
Aluno 34	<i>As atividades a distância fazem com que tenhamos por mais tempo contato com a matéria, isso faz com que tenhamos que pesquisar em casa e estudar de forma calma e constante, não atropelando nada nem outros conteúdos.</i>

Nota-se pelo trecho dos alunos que o Moodle foi uma ferramenta bem aceita entre eles e que eles compreendiam a função que as atividades representavam, de introduzir e compreender o que eles já sabiam sobre o conteúdo.

Um outro ponto levantado na avaliação foram as atividades que o professor propôs durante a disciplina para serem realizadas em equipes (Pergunta 4). Algumas atividades o professor determinou as equipes por sorteio, outras ele deixou que os alunos se agrupassem de maneira que achassem conveniente (respeitando o número máximo de integrantes por equipe). A Figura 22 mostra os percentuais dessa questão, de forma que A) as equipes sejam escolhidas aleatoriamente pelo professor. B) as equipes sejam escolhidas pelos alunos. C) não faz diferença como as equipes são escolhidas.

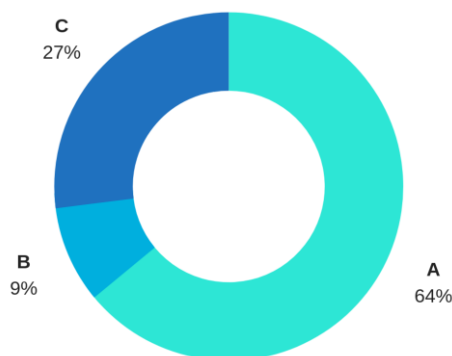


Figura 22. Percentuais para a pergunta 04. Fonte: Autora, 2019.

O maior percentual reservou-se à preferência dos alunos para que as equipes sejam escolhidas pelo professor. A Tabela 17 sintetiza as principais respostas sobre essa questão, também respeitando a grafia e pontuação originais.

Tabela 17: Avaliação – Atividades em equipes

Aluno	Fragmento
Aluno 02	<i>As listas no ajudavam a fixar o conteúdo. A mistura dos grupos com diferentes cursos, além de nos ajudar a socializar com outras pessoas, nos ajuda a respeitar as opiniões e discutir o conteúdo com outras pessoas.</i>
Aluno 03	<i>eu gostei bastante [que as equipes sejam escolhidas pelo professor], pois dessa forma temos contato com todos os colegas da classe, onde cada pessoa é de um curso e vive uma realidade e tem uma forma de pensar, tudo isso é bagagem tanto para o entendimento da disciplina, quanto para a vida.</i>
Aluno 06	<i>A troca de experiência entre alunos é muito importante. Questões que você não sabe seu amigo pode te ajudar e vice-versa. Isso sana as dúvidas e melhora o aprendizado.</i>
Aluno 08	<i>Como já disse anteriormente, é importante que haj interação entre os alunos, o que não acontece muito se deixar que eles façam isso por escolha própria. Geralmente o aluno vai preferir trabalhar com alguém que já conhece, ou, se houver opção, vai preferir trabalhar sozinho.</i>
Aluno 15	<i>Resolver as litas em grupos proporcionam uma maior internalização dos conteúdos estudados, pois nas discucões e pesquisas feitas é necessario capacidade de argumentação e dominio do assunto. Aprender em grupo e resolver problemas em conjunto facilita o estudo e você não só aprende mais também ajuda seus colegas.</i>
Aluno 28	<i>As equipes serem escolhidas aleatoriamente fizeram com que o compartilhamento de informação se tornassem mais democrático, visto que tivemos a oportunidade de aprender uns com os outros.</i>

A segunda parte da avaliação reservou-se à opinião dos alunos a respeito do impacto da metodologia em relação à construção do conhecimento. Em cinco perguntas sobre a essencialidade de: aprendizagem de conteúdos de Astronomia (5); atividades no Moodle (6); Questões Conceituais utilizadas em sala (7); listas de exercícios (8) e atividades em equipe (9) para a construção do conhecimento dos alunos, as respostas concentraram-se em Concordo Total (CT). Concordo Parcialmente (CP) também foi bastante escolhida, um número irrisório reservou-se a Indiferente (I) e Discordo Parcialmente (DP) e enquanto não houve nenhum voto para Discordo Totalmente (DT). As respostas estão melhor esclarecidas na Figura 23.

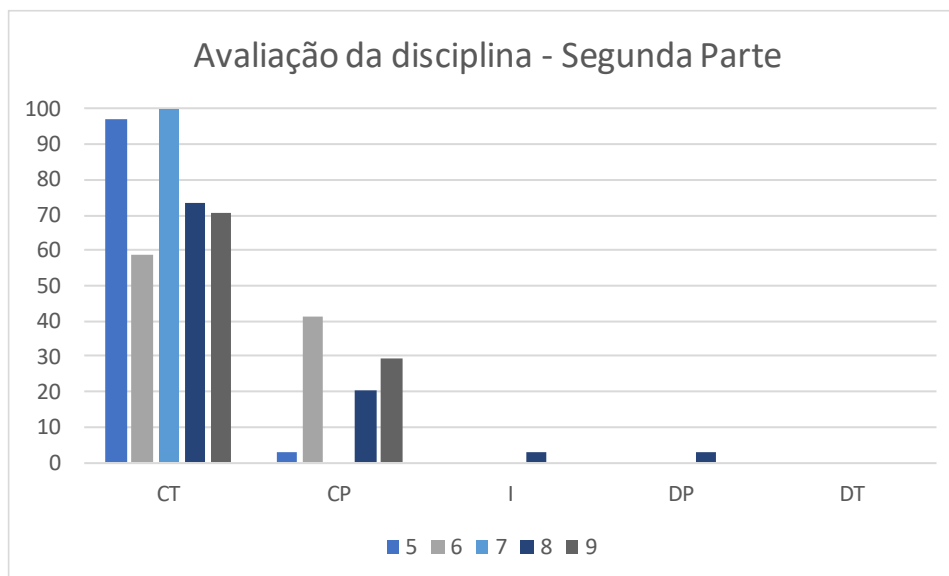


Figura 23. Avaliação da disciplina – Segunda Parte

Um último ponto a ser evidenciado através da avaliação foi o envolvimento dos alunos com o método *PI*. O professor deixou em aberto, no final da avaliação, um espaço para o aluno criticar; elogiar e fazer sugestões sobre a disciplina a fim de realizar melhorias para as próximas aplicações. A Tabela 18 traz um compilado de trechos de alguns alunos a respeito da metodologia *PI*. Salienta-se mais uma vez que a grafia, pontuação e entonação dos respondentes foram mantidos.

Tabela 18: Avaliação – Metodologia *PI*

Aluno	Fragmento
Aluno 06	<i>Achei que o método é muito eficaz no aprendizado, além de ser mais divertido, o que facilita ainda mais no processo e ajuda a "guardar" melhor as informações.</i>
Aluno 07	<i>Não houvesse [questões conceituais em sala de aula para serem discutidas com os colegas] não é uma opção, pois as questões foram de extrema importância para o aprendizado, pois podemos ver se realmente tínhamos aprendido e fixado a matéria, além de poder discordar e concordar com os colegas. Acho que mais questões ficaria um pouco repetitivo e cansativo, o mesmo número de questões desse semestre seria o ideal.</i>
Aluno 10	<i>Agradeço ao sr. professor pela forma única, humana e maravilhosa em lecionar. A disciplina é capaz de ensinar muito mais que conceitos. Aprendemos a perceber que alguns limites não estão em nós alunos, mas nas formas em que somos conduzidos a acreditar que conhecimento é medido apenas por uma prova individual ou por uma lista de exercícios. Foi possível passar pelo muro da educação tradicional em que somos todos tratados com iguais, padronizados e representados apenas por números. Obrigada professor por insistir na educação, no futuro e encantar a todos com suas atitudes transparentes, com ética e postura, sem deixar de ser humano. O ensino superior muitas vezes se torna difícil, mas com pessoas como você do lado, o caminho se torna menos duro. Gostaria de termos tido mais observações do céu com a turma toda, mas compreendo os limites que o clima de Itajubá nos oferece.</i>
Aluno 11	<i>Por com mais questões ajuda a melhorar a fixação do assunto a ser estudado pois trabalha mais o conteúdo e seu emprego usual em problemas cotidianos sobre a matéria. E na resolução das listas que feito em sala de aula.</i>

Aluno	Fragmento
Aluno 14	<i>Uma sugestão para melhorar seria os alunos resolverem questões no quadro. O que daria ainda mais dinâmica a aula.</i>
Aluno 17	<i>Gostaria que esse método fosse usado mais frequentemente e em mais disciplinas, pelo fato de que é um meio mais interessante e eficiente, no qual você é forçado a debater seu ponto de vista com os demais, isso faz com que a matéria fique mais clara e melhor entendida.</i>
Aluno 18	<i>Gostei muito desse método, acho que foi importante para que fixássemos o conteúdo, além de que as discussões com os colegas e professor foram sempre muito produtivas para tirar nossas eventuais dúvidas. Esse método também deixava as aulas mais leves, mais divertidas, fazendo com que fosse mais fácil aprender e fixar o conteúdo.</i>
Aluno 18	<i>Gostei MUITO dessa disciplina, não somente pela matéria estudada, que é de meu interesse, mas também pela metodologia diferente que tivemos nela, que tornou as aulas mais divertidas e fáceis de se aprender, o que é essencial. Neste semestre, além desta disciplina, também cursei Cálculo 3 que tinha metodologia de sala de aula invertida e foram as duas que mais gostei e consegui aproveitar desde que entrei na UNIFEI. Gostaria que muitas outras fossem dessa maneira. Agradeço muito por termos tido essa disciplina com o senhor, foi realmente maravilhosa! Parabéns pela inovação, que você consiga sempre despertar essa alegria em aprender em seus alunos. Obrigada!!! PS: esse tipo de metodologia é exatamente o que precisamos para melhorar a Unifei como uma universidade que forma alunos interessados e que sabem o que estão estudando de forma completa.</i>
Aluno 19	<i>Item A [mais questões conceituais em sala de aula para serem discutidas com os colegas]: Porque as atividades em grupo já ajudam no processo de aprendizagem, mas dependendo da atividade há uma certa complexidade e as vezes um equívoco conceitual do grupo sobre um determinado tema. Se esta atividade for feita em sala na presença de um professor será fácil de desfazer essa confusão conceitual e ao mesmo tempo não somente para um grupo em específico mas para todos que tiverem presentes na sala de aula</i>
Aluno 19	<i>A metodologia utilizada nesta disciplina é fantástica. provavelmente se ela fosse dada nos moldes padrão de uma aula professor e quadro não conseguiria assimilar muitos conceitos apenas com esboços e desenhos ou equações sem a "experimentação" aplicação por simulações ou atividades individuais ou em grupos na sala de aula. Novamente parabênizo o método utilizado para lecionar esta disciplina que é rodeada de conceitos diversos e muitos simplesmente não são tão óbvios quanto parecem. Nota 10!</i>
Aluno 24	<i>De uma maneira didática e muito eficiente as fichas de papel conseguem contribuir muito no aprendizado em sala, poderia ter um aumento fácil nessas questões. Porém, vejo que a intercalação entre as fichas e os exercícios em grupo aumentam o conhecimento potencial e real dos alunos, em uma perfeita harmonia.</i>
Aluno 28	<i>O método de responder perguntas no papel e depois discuti-las com a turma foi essencial para um melhor aprendizado da matéria, visto que ao debater quanto quem explica, quanto quem escuta chegam a melhores conclusões, com mais fundamentos.</i>
Aluno 31	<i>Sinceramente professor, não tenho muitas críticas a fazer. Achei a didática do senhor muito boa mesmo, aponto de passar para minha mãe que é professora em escola pública de ensino médio, a maneira que o senhor conduz a aula. Parabéns pela forma que o senhor conduz as aulas, tentando sempre contribuir com nosso aprendizado, mas nos tratando como humanos que somos e não como máquinas, como certos professores na UNIFEI faz. Obrigado, e aguardo o senhor abrir turma de FÍSICA para pegar as aulas contigo! RS'</i>

Pelos trechos selecionados pode-se observar o envolvimento, inclusive afetivo, que os alunos apresentam com a disciplina, professor, metodologia e universidade. Isso, também pode ser iluminado a partir da teoria Sociointeracionista de Vygotsky, que compreende o indivíduo como um ser histórico, inserido em uma sociedade que a transforma enquanto é transformado por ela. Nota-se, também, pelo caráter afetivo que os alunos apresentam, que não se deve compreender o indivíduo somente a partir do seu intelecto.

Portanto considera-se por partida a eficácia das novas metodologias de ensino e a experiência em sala de aula que manifestam-se a favor da “revolução copernicana do ensino” (GAUTHIER, 2010, p. 166) em que há necessidade de repensar os papéis de professores e alunos. Salienta-se que o sistema de ensino tido por tradicional não é ineficiente, mas que em cursos de graduação, principalmente em licenciaturas, é importante mostrar “com as mãos na massa” que existem outros tipos de metodologias pedagógicas. Assim como Müller (2013) e Müller, Araujo e Veit (2017) concluíram que é consenso que novas propostas metodológicas devam ser adotadas a fim de que os estudantes de licenciatura e futuros professores modifiquem sua visão frente à prática docente. Assim como destacado por Rego (2013, p. 117):

Os que trabalham na área de formação de professores não podem esperar mudanças na atuação do professor junto a seus alunos, se não mudarem a sua forma de atuar junto aos professores. Para que se possa ajuda-los na construção de novos conhecimentos (incidir na sua “zona de desenvolvimento proximal”) é preciso partir daquilo que ele sabe. Nesse sentido, entendemos que o pensamento de Vygotsky também inspira reflexões, no que se refere à questão da formação de professores.

A partir da Figura 03, apresentada no Capítulo 5, tem-se que a disciplina de AST927 continha, aproximadamente, um total de 37% de alunos de licenciatura. Portanto tal estratégia contribui para que estes estudantes, ao vivenciar tais métodos, ganhem experiências, favorecendo sua construção como novos professores e também favorecendo o uso da metodologia no futuro. A postura que esse futuro professor irá desenvolver é fruto de suas próprias vivências, ideias, sentimentos, desejos, experiências e conhecimentos, engendrados em sua trajetória como aluno e como profissional.

Também é impossível prever o alcance que o uso da metodologia *PI* pode ganhar, como evidenciado no fragmento do aluno 31, na Tabela 18, em que apreciou a metodologia a ponto de discuti-la e indica-la à mãe, que é professora.

Em um estudo realizado por Wood (2009, p. 97, tradução nossa) evidencia-se que uma instrução efetiva não requer apenas o conteúdo disciplinar, mas exige-se também um conteúdo pedagógico, ou seja, “compreensão e capacidade de aplicar princípios educacionais conhecidos”. Ainda citando Wood (2009, p. 108, tradução nossa), sua pesquisa também destaca

dois objetivos importantes sobre as práticas de ensino para licenciaturas e que cabem ser aqui ressaltados:

A primeira é atrair, motivar e começar a preparar a próxima geração (...), incluindo as estrelas de pesquisa do futuro. A outra é ajudar a grande maioria de nossos alunos que não se tornarão biólogos ou mesmo cientistas a alcançar uma alfabetização biológica mínima para entender a natureza da ciência, a importância da evidência empírica e os princípios básicos subjacentes aos sistemas biológicos. Eles precisarão desse conhecimento como cidadãos do século XXI (...) para tomar decisões inteligentes.

Ainda que o exemplo acima tenha sido construído para estudantes de ciências biológicas em específico, não se retira sua capacidade de ser inserido em contexto de estudantes de ciências em geral. Salienta-se também que é importante que os alunos tenham espaço para participar ativamente da sua construção como profissionais, com intuito de desenvolver essa capacidade de se assumirem responsáveis pelo processo, pois, no futuro, não irão receber uma palestra de como resolver cada novo conflito e problema que aparecer.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa infere-se que as metodologias ativas, em especial *Peer Instruction*, apresentam-se eficazes ao modificar os moldes de ensino tradicional, bem como para despertar sentimentos de engajamento, motivação, aumento na aprendizagem conceitual, argumentação e criticidade, bem como outras posturas desejáveis e já discutidas no início da presente pesquisa.

Tem-se que a qualidade das discussões entre os estudantes, propostas pela gênese da metodologia ativa *Peer Instruction*, está relacionada com a qualidade das questões utilizadas para criar o ambiente interacionista. Portanto foi dada atenção à criação de um banco de questões conceituais de Astronomia para ser utilizado durante a disciplina. Com um total de 80 questões conceituais de múltipla escolha, o acervo – que encontra-se no Apêndice A – foi desenvolvido a partir de questões originais; da tradução e adaptação de questões já existentes Green (2003) e também pela adaptação de questões encontradas em acervos como o da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). Nota-se pela Figura 18 que as perguntas utilizadas para criar os ambientes de discussão e revotação distribuíram-se de forma que elas, em sua maioria, atingiram o objetivo de favorecer as discussões e internalizações dos conceitos abordados.

Também observa-se, a partir do resultado obtido pelo teste binomial, que as discussões entre os estudantes tiveram impacto significativo nas revotações. Dos vinte pares de questões aplicados durante o semestre, 16 mostraram-se significativos. Concluindo que a metodologia foi eficaz para compreensão dos conceitos abordados no decorrer da disciplina.

No acompanhamento da disciplina pôde-se identificar tantos os pressupostos subjacentes às metodologias ativas, quanto alguns dos principais conceitos da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, tais como: a verbalização dos estudantes, exigida na interação, para convencer o colega da resposta correta; a ZDP dos estudantes que não conseguiam responder as questões de forma correta na primeira votação, mas depois da mediação de um colega foi capaz de compreender e responder corretamente na revotação; o desenvolvimento da argumentação que os alunos apresentaram ao aplicar conhecimentos já alcançados na disciplina na resolução de situações inéditas.

A partir dos resultados obtidos sobre a eficácia da metodologia, pelos apontamentos realizados no diário de campo sobre a observação da interação entre estudantes e pelas respostas ao questionário de avaliação da disciplina pôde emergir a aproximação entre os principais conceitos da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky e a metodologia *PI*. Conclui-se, portanto, que prática e teoria podem ser aproximados ao entender que a metodologia *PI*, que, em sua

gênese, coloca o estudante não como uma tábula rasa, mas sim como um ser histórico, inserido em uma cultura e um contexto e um professor ativo que irá oportunizar momentos para que estes alunos expressem os seus conhecimentos prévios, bem como argumentações, formulações de hipóteses, criando um ambiente ativo de aprendizagem, através de ininterruptas mediações – entre estudantes e entre estudantes e professor.

Observou-se também, através das opiniões emitidas na avaliação da disciplina, que a metodologia *PI* teve uma aceitação positiva entre os estudantes. Os apontamentos dos estudantes mostram que a metodologia deixou as aulas mais interessantes por caracterizam-se mais leves, oportunizar os momentos de debates entre eles e com o professor e engajá-los no processo de construção do conhecimento, mostrando que intelecto e afeto são indissociáveis.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2014. 1210 p.
- ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de Ensino-Aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 30, n. 2: p.362-384. 2013.
- BAUMAN, Z. Os desafios da educação: aprender a caminhar sobre areias movediças. **Cadernos de Pesquisa**, v. 39, n.137, maio/ago. 2009.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-0, jan./jun. 2011.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 2010. 334 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **LDB: Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9394/96**. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm> Acesso em: 13 dez 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília, 2013.
- CROUCH, C. H.; MAZUR, E. *Peer Instruction: Ten years of experience and results*. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 9, p. 970, 2001.
- DARSIE, M. M. P. Perspectivas Epistemológicas e suas Implicações no Processo de Ensino e de Aprendizagem. Cuiabá, **UNICIÊNCIAS**, v. 3, p. 9-21, 1999.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Thema**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 268-288, jan 2017.
- GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de recolocar o professor no centro do processo educacional. **Educação: Revista de Estudos da Educação**, v. 13, n. 21, p. 71-91, dez. 2004.
- GAUTHIER, C. Da pedagogia tradicional à pedagogia nova. In: GAUTHIER, C.; TARDIF, M. **A Pedagogia: Teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias**. Petrópolis: Vozes, 2010. Cap. 6. p. 153-175.
- GEIGER, P (Org.). **Novíssimo Aulete dicionário contemporâneo da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Lexikon, 2011. 1488 p.
- GIBBONS, J.; CHAKRABORTI, S. **Nonparametric Statistics Inference**. 4 ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003.
- GREEN, P. J. **Peer Instruction for Astronomy**. Upper Saddle River: Pearson, 2003. 178 p.
- JAMES, M. C. The effect of grading incentive on student discourse in *Peer Instruction*. **American Journal of Physics**, v. 74, n. 8, p. 689, 2006.

- JÓFILI, Z. Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. **Educação: Teorias e Práticas**. v. 2, n. 2, p. 191-208, dez 2002.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação**. Bauru, v. 15, n. 4, p. 41-59, set. 2014.
- LASRY, N. Clicker or Flashcards: Is There Really a Difference? **The Physics Teacher**. v. 46, p. 242-244, abril 2008. Disponível em:
<<https://pdfs.semanticscholar.org/bab2/9fc0efc548c377b50fa29d1799dba6869113.pdf>>
Acesso em 06 de ago 2018.
- LENAERTS, J.; WIEME, W.; VAN ZELE, E. Peer Instruction: a case study for na introductory magnetism course. **European Journal of Physics**, v.24, n.1, p. 7-14, dez 2002.
- MAZUR, E. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Porto Alegre: Penso, 2015. 252 p.
- MAZUR, R.; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SMIKINS, S. MAIER, M. (Eds.). **Just-in-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy** Just-in-Time Teaching. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39-62.
- MÜLLER, M. G. **Metodologias Interativas de Ensino na Formação de Professores de Física: Um Estudo de Caso com o Peer Instruction**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- MÜLLER, M. G; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Metodologias Interativas de Ensino na Formação de Professores de Física: Um Estudo de Caso com o Método Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*). **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p. 171-195, 2017.
- MÜLLER, M. G. et al. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction* (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. 1-20, 2017.
- NEVES, R. A.; DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. **UNirevista**. v. 1, n. 2, p. 1-10, abr 2006.
- NOVAK, G. M. et al. **Just-in-Time teaching: blending active learning with web technology** [S.1] Prentice Hall, p. 188, 1999.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010.
- PORTER, L. et al. Peer Instruction: Do Students Really Learn from Peer Discussion in Computing? In: International Workshop on Computing Education Research, 7., 2011, Providence. **Proceedings...** New York: ACM, 2011. p. 45 - 52.
- REEVE, J. Why teachers adopt a controlling motivating style toward students and how they can become more autonomy supportive. **Educational Psychologist**, Hillsdale, v. 44, n. 3, p. 159–175, 2009.
- REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 2013. 139 p.

SCARINCI, A. L.; PACCA, J. L. A. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 28, n. 1, p. 89-9, 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n1/a12v28n1.pdf>> Acesso em: 09 set 2017.

SMITH, M. K.; et al. Why Peer Discussion Improves Student Performance on In-Class Concept Questions. **Science**. v. 323, p. 122-124, 2009.

SMITH, M. K.; et al. Combining Peer Discussion with Instructor Explanation Increases Student Learning from In-Class Concept Questions. **Cell Biology Education**, v. 10, n. 1, p.55-63, mar 2011. American Society for Cell Biology (ASCB).

SOBREIRA, P. H. A. **Astronomia no Ensino de Geografia – análise crítica nos livros didáticos de Geografia**. 2002. 276 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SOLER, D. R.; LEITE, C. **Importância e justificativas para o ensino de Astronomia: Um olhar para as pesquisas da área**. In: Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 2, 2012, São Paulo. Disponível em: <http://www.sab-astro.org.br/Resources/Documents/snea2/orais/SNEA2012_TCO21.pdf> Acesso em: 01 nov 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. Projeto Pedagógico do curso de Física – Licenciatura. Itajubá, 2017.

VICKREY, T.; et al. Research-Based Implementation of Peer Instruction: A Literature Review. **CBE Life Science Education**. v. 14, n. 1, 2015.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984. 181 p.

VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 12. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2012. 227 p

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009. 496 p.

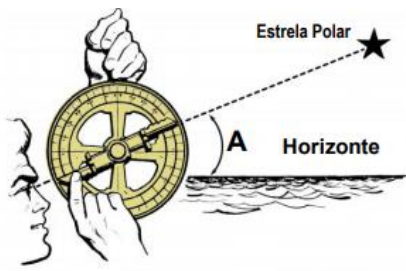
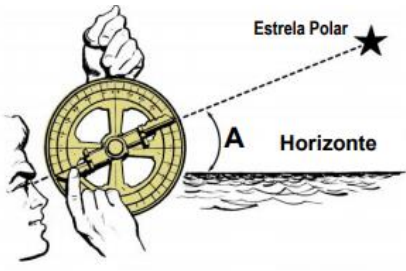
WESTBROOK, R. B. Da pedagogia tradicional à pedagogia nova. In: GAUTHIER, C.; TARDIF, M. **A Pedagogia: Teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias**. Petrópolis: Vozes, 2010. Cap. 6. p. 184-192.

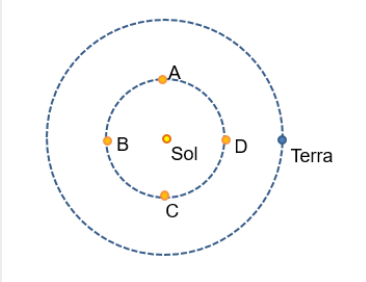
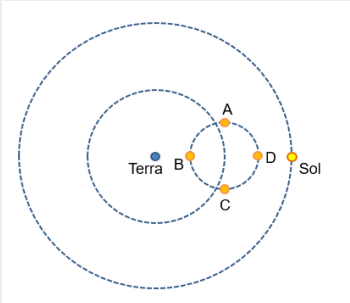
WOOD, W. B. Innovations in Teaching Undergraduate Biology and Why We Need Them. **Ann. Rev. Cell Dev, Biol**. v. 16, n. 3, p. 1- 20, 2009.

ZINGARO, D.; PORTER, L. Peer Instruction in computing: The value of instructor intervention. **Computers & Education**, v. 71, p. 87-96, fev 2014.

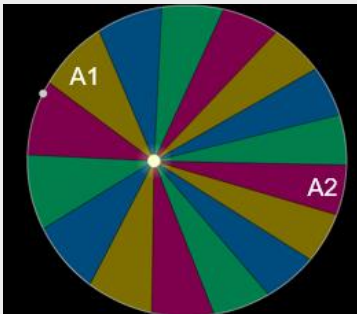
APÊNDICE A – QUESTÕES CONCEITUAIS UTILIZADAS EM AST927

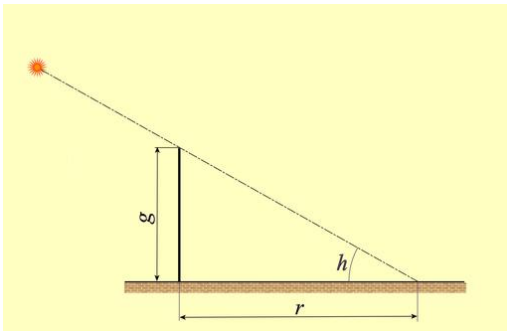
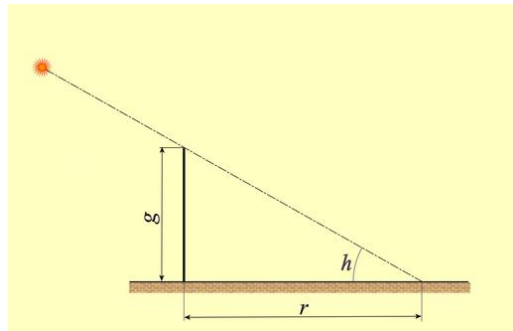
Caminho	Questão	Par Isomórfico
01	<p>(GREEN, 2003, p.42)</p> <p>01) e 02) Para ver o maior número possível de estrelas durante o período de um ano, uma pessoa deve estar localizada à latitude:</p> <p>A) 90 graus. B) 45 graus. C) 0 graus. D) em qualquer lugar, já que a latitude não faz diferença</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>03) Para ver o menor número possível de estrelas durante o período de um ano, uma pessoa deve estar localizada à latitude:</p> <p>A) 90 graus. B) 45 graus. C) 0 graus. D) em qualquer lugar, já que a latitude não faz diferença.</p>
02	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>04) O sistema equatorial de coordenadas</p> <p>A) usa o zênite como um ponto de referência fundamental. B) usa o polo norte celeste como um ponto de referência fundamental. C) usa o ponto g como um ponto de referência fundamental. D) usa a direção norte como um ponto de referência fundamental.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>05) O sistema horizontal de coordenadas</p> <p>A) usa o zênite como um ponto de referência fundamental. B) usa o polo norte celeste como um ponto de referência fundamental. C) usa o ponto g como um ponto de referência fundamental. D) usa a direção norte como um ponto de referência fundamental.</p>
03	<p>(GREEN, 2003, p. 42)</p> <p>06) e 07) A base física para o sistema equatorial de coordenadas é:</p> <p>A) gravidade. B) a rotação da Terra em seu eixo. C) a revolução da Terra em torno do Sol. D) revolução do Sol em torno do centro da galáxia.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>08) A base física para o sistema horizontal de coordenadas é:</p> <p>A) gravidade. B) a rotação da Terra em seu eixo. C) a revolução da Terra em torno do Sol. D) revolução do Sol em torno do centro da galáxia.</p>
01	<p>(GREEN, 2003, p. 43)</p> <p>09) e 10) A distância zenital de Polaris, a "Estrela do Norte"</p> <p>A) é sempre de 90°. B) é sempre de 23,5° C) é sempre de 0°. D) varia de acordo com sua latitude.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>11) Você está na praia olhando para o mar e vê uma estrela nascer no horizonte. Qual é a distância zenital dessa estrela nesse instante?</p> <p>A) 0 graus. B) 90 graus. C) depende da latitude do local em que o observador está. D) depende das coordenadas equatoriais dessa estrela.</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico
02	<p>(GREEN, 2003, p.41)</p> <p>12) No Hemisfério Sul, as estrelas nascem no Leste, se põem no Oeste e giram no sentido horário em torno do Polo Sul Celeste. No Hemisfério Norte, as estrelas nascem no</p> <p>A) Leste, se põem no Oeste e giram em sentido anti-horário em torno do Polo Norte Celeste. B) Leste, se põem no Oeste e giram no sentido horário em torno do Polo Norte Celeste. C) Oeste se põem no Leste e giram no sentido horário em torno do Polo Norte Celeste. D) Oeste, se põem no Leste e giram em sentido anti-horário em torno do Polo Norte Celeste.</p>	<p>(Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível III/ 2003)</p> <p>13) Imagine que você tenha sido sequestrado e levado, vendado, num voo e depois lançado de paraquedas no meio de um oceano. Você consegue nadar até uma pequena ilha, mas o seu GPS molhou-se e você não sabe onde está! Você nunca havia se interessado por Astronomia e não sabe reconhecer constelações no céu. A única coisa que você percebe é que vistas dessa ilha as estrelas descrevem trajetórias circulares, em sentido horário, em torno de um ponto do céu - o polo celeste visto daquele lugar. Em qual hemisfério você está?</p> <p>A) Sul. B) Norte.</p>
03	<p>(Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível IV/ 2017)</p>  <p>14) e 15) Todo ponto na superfície da Terra é localizado por duas coordenadas, a latitude (tem origem no equador terrestre) (ângulo B na figura abaixo) e a longitude (tem origem no meridiano de Greenwich). Numa certa noite o GPS de um navio parou de indicar a latitude local. O capitão usou o sextante e mediu a elevação (ângulo A) da estrela Polar em relação ao horizonte como indica a imagem ao lado. Analise as figuras ao lado e assinale a alternativa abaixo que mostra como o capitão obteve a latitude local, B, através da medida da elevação A da estrela Polar.</p> <p>A) $B = 90^\circ + A$ B) $B = 180^\circ - A$ C) $B = 90^\circ - A$ D) $B = A$</p>	<p>(Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível IV/ 2017)</p>  <p>16) Você está perdido em uma ilha deserta. Você localiza a Estrela Polar, Polaris, que está a 17 graus acima do Norte Geográfico. Qual é a sua latitude?</p> <p>A) 73° Sul. B) 17° Norte. C) 73° Norte. D) 17° Sul.</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico
01	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>17) e 18) O movimento retrógrado de Marte é observado a cada dois anos terrestres, sempre que a Terra “ultrapassa” Marte. O movimento retrógrado de Júpiter acontece:</p> <p>A) a cada dois anos terrestres. B) quase todos os anos. C) a cada volta completa de Júpiter em torno do Sol. D) nunca.</p> <p>Dado: período orbital de Marte: 687 dias terrestres; período orbital de Júpiter: 4330 dias terrestres.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>19) Na antiguidade foi mais difícil explicar o movimento dos planetas do que o movimento do Sol e da Lua porque:</p> <p>A) planetas invertem seu movimento às vezes (movimento retrógrado). B) o Sol e a Lua sempre têm movimento retrógrado. C) os planetas são muito mais fracos do que o Sol e a Lua. D) os planetas se movem muito mais rápido do que o Sol e a Lua.</p>
02	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>20) Epísclos são necessários no Modelo Geocêntrico para explicar o movimento dos planetas porque:</p> <p>A) Os planetas parecem variar em brilho e velocidade ao longo do ano. B) Alguns planetas são mais brilhantes do que outros. C) O Sol nasce e se põe. D) Não é possível ver todos os planetas em uma única noite.</p>	<p>(GREEN, 2003, p. 56)</p> <p>21) Quais os equívocos fundamentais que tornaram o modelo geocêntrico de Ptolomeu muito complicado e impedem que esse modelo descreva adequadamente os movimentos de corpos no Sistema Solar?</p> <p>I - O Sol está no centro do universo. II - Todos os corpos celestes se movem em combinações de círculos perfeitos. III - A Terra está no centro do universo. IV - As estrelas não se movem.</p> <p>A) I e IV. B) II apenas. C) III apenas. D) II e III.</p>
03	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>22) e 23) Em que posição Vênus está na fase cheia?</p> <p>A) A B) B C) C D) D E) nenhuma delas</p>	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>24) Em que posição Vênus está na fase cheia?</p> <p>A) A B) B C) C D) D E) nenhuma delas</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico
03	<p>(GREEN, 2003, p. 88)</p> <p>25) e 26) Para um planeta superior do Sistema Solar, a sequência correta de eventos como vista da Terra é:</p> <p>A) oposição, quadratura oriental, quadratura ocidental, conjunção. B) oposição, quadratura ocidental, conjunção, quadratura oriental. C) oposição, quadratura oriental, conjunção, quadratura ocidental. D) conjunção, quadratura oriental, quadratura ocidental, oposição.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>27) Para um planeta inferior do Sistema Solar, a sequência correta de eventos como vista da Terra é:</p> <p>A) conjunção superior, maior elongação oriental, conjunção inferior, maior elongação ocidental. B) conjunção inferior, maior elongação oriental, conjunção inferior, maior elongação ocidental. C) conjunção superior, maior elongação ocidental, conjunção inferior, maior elongação oriental. D) conjunção inferior, maior elongação oriental, oposição, maior elongação ocidental.</p>
02	<p>(GREEN, 2003, p. 90)</p> <p>28) Quando Mercúrio está em maior elongação, o ângulo entre a Terra e o Sol visto de Mercúrio é aproximadamente:</p> <p>A) 0 graus. B) 90 graus. C) 180 graus. D) 45 graus.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>29) Quando Mercúrio está em conjunção, o ângulo entre a Terra e o Sol visto de Mercúrio é aproximadamente:</p> <p>A) 0 graus. B) 90 graus. C) 180 graus. D) 45 graus.</p>
01	<p>(GREEN, 2003, p. 87)</p> <p>30) e 31) Um planeta nunca pode ser visto em oposição caso sua órbita, em relação à da Terra, tenha:</p> <p>A) um raio menor. B) um raio maior. C) um período maior. D) uma excentricidade maior.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>32) Um planeta que esteja em oposição será visível:</p> <p>A) a noite toda. B) ao amanhecer. C) ao anoitecer. D) nunca.</p>
03	<p>(GREEN, 2003, p. 58)</p> <p>33) e 34) O momento angular de um planeta no periélio é L. Quando esse planeta está no afélio seu momento angular é:</p> <p>A) maior do que L. B) igual a L. C) menor do que L. D) não há informações suficientes para responder a pergunta.</p>	<p>(Adaptado de Green, 2003)</p> <p>35) Acredita-se que o Sistema Solar originou-se de uma nuvem de gás que colapsou sob ação da atração gravitacional das moléculas do gás. Uma vez que o momento angular de uma nuvem de gás que esteja colapsando é constante, à medida que o tempo passa sua velocidade angular:</p> <p>A) aumenta. B) permanece constante. C) diminui. D) depende da velocidade angular inicial.</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico
01	<p>(Autora, 2018)</p> <p>36) e 37) Marte tem dois satélites: Fobos - que se move em órbita com semi-eixo maior de 9700 km e período de $2,75 \times 10^4$ s - e Deimos, cuja órbita tem semi-eixo maior de 24300 km. O período de Deimos é aproximadamente igual a:</p> <p>A) $2,2 \times 10^4$ s. B) $8,2 \times 10^4$ s. C) $1,1 \times 10^5$ s. D) $2,2 \times 10^6$ s</p>	<p>(GREEN, 2003, p. 58)</p> <p>38) Uma sonda espacial descreve uma órbita elíptica em torno de Júpiter, cujo semi-eixo maior é a_1. Algum tempo depois, ela passa a descrever uma órbita com semi-eixo maior igual a $2 a_1$. A razão entre o período da segunda órbita P2 e o período da primeira órbita P1 é:</p> <p>A) 0,5. B) 2 C) $\sqrt[3]{64}$ D) $\sqrt{8}$</p>
02	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>39) A figura acima ilustra a segunda lei de Kepler. A área A2 é:</p> <p>A) maior do que a área A1. B) igual à área A1. C) menor do que a área A1. D) não há informação suficiente para responder a essa questão.</p>	<p>(GREEN, 2003, p. 58)</p> <p>40) Uma vez que o momento angular de um planeta se conserva ao longo de sua órbita, sua velocidade no periélio é:</p> <p>A) maior do que sua velocidade no afélio. B) igual a sua velocidade no afélio. C) menor do que sua velocidade no afélio. D) não há informações suficientes para responder a pergunta.</p>
01	<p>(Adaptado de Green, 2003)</p> <p>41) e 42) Onde o Sol nasce no horizonte no dia do equinócio de março (início do outono no hemisfério Sul)?</p> <p>A) entre o Norte e o Leste. B) exatamente no Leste. C) entre o Leste e o Sul. D) entre o Sul e o Oeste. E) exatamente no Oeste. F) entre o Oeste e o Norte.</p>	<p>(Adaptado de Green, 2003)</p> <p>43) Onde o Sol se põe no horizonte no dia do equinócio de setembro (início da primavera no hemisfério sul)?</p> <p>A) entre o Norte e o Leste. B) exatamente no Leste. C) entre o Oeste e o Sul. D) entre o Sul e o Oeste. E) exatamente no Oeste. F) entre o Oeste e o Norte.</p>
02	<p>(Autora, 2018)</p> <p>44) Considere uma cidade do hemisfério sul localizada exatamente sobre o trópico de Capricórnio. Em qual das datas abaixo o Sol nasce mais tarde?</p> <p>A) 20 de março. B) 21 de junho. C) 23 de setembro. D) 21 de dezembro.</p>	<p>(Autora, 2018)</p> <p>45) Considere uma cidade do hemisfério sul localizada exatamente sobre o trópico de Capricórnio. Em qual das datas abaixo o Sol se põe mais tarde?</p> <p>A) 20 de março. B) 21 de junho. C) 23 de setembro. D) 21 de dezembro.</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico
03	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>46) A figura mostra um gnômon de altura g que projeta uma sombra de comprimento r quando a elevação do Sol ao cruzar o meridiano local é h. Em qual dos dias abaixo o comprimento da sombra é máximo se o gnômon estiver em Itajubá?</p> <p>A) 1 de março. B) 1 de abril. C) 1 de maio. D) 1 de junho.</p>	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>48) A figura mostra um gnômon de altura g que projeta uma sombra de comprimento r quando a elevação do Sol ao cruzar o meridiano local é h. Em qual dos dias abaixo o comprimento da sombra é mínimo se o gnômon estiver em Itajubá?</p> <p>A) 1 de julho. B) 1 de agosto. C) 1 de setembro. D) 1 de outubro.</p>
01	<p>(GREEN, 2003, p.44)</p> <p>49) e 50) Qual é a declinação do Sol no primeiro dia da primavera no hemisfério sul?</p> <p>A) 0°. B) $+ 23^\circ 26'$. C) $- 23^\circ 26'$. D) O Sol não tem declinação porque não é uma estrela fixa.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>51) Qual é a declinação do Sol no primeiro dia do inverno no hemisfério sul?</p> <p>A) 0°. B) $+ 23^\circ 26'$. C) $- 23^\circ 26'$. D) O Sol não tem declinação porque não é uma estrela fixa.</p>
02	<p>(GREEN, 2003, p. 43)</p> <p>52) É dia 22 de setembro e você está em Quito, capital do Equador. Ao meio-dia local, qual é o ângulo que o Sol faz com o horizonte?</p> <p>A) 0°. B) $23^\circ 26'$. C) $66^\circ 34'$. D) 90°.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>53) É dia 21 de dezembro e você está em Quito, capital do Equador. Ao meio-dia local, qual é o ângulo que o Sol faz com o horizonte?</p> <p>A) 0°. B) $23^\circ 26'$. C) $66^\circ 34'$. D) 90°.</p>

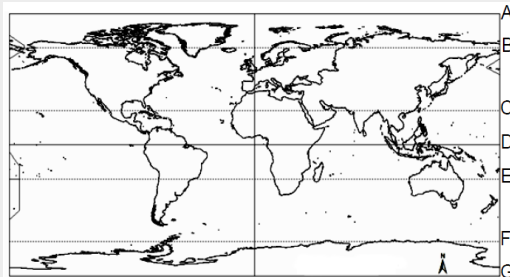
Caminho

Questão

Par Isomórfico

03

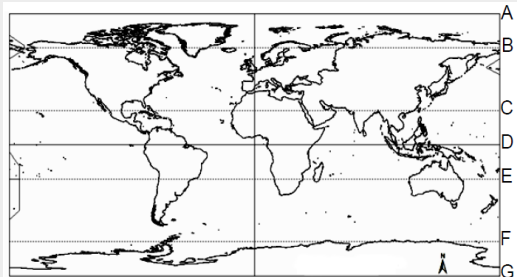
(Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível III/ 2014)



54) e 55) No mapa está representada uma planificação da superfície da Terra, destacando os dois polos geográficos, o Equador, os círculos polares e os trópicos. Eles estão identificados com as letras A, B, C, D, E, F e G à direita do mapa. Escolha a alternativa correta:

- A) um observador que esteja entre os paralelos B e F vê o Sol passar pelo zênite duas vezes por ano.
- B) quando o Sol está sobre o paralelo C tem início o verão no Hemisfério Sul.
- C) no solstício de dezembro o Sol está sobre o paralelo E.
- D) no equinócio de março o Sol cruza a linha D no sentido de C para E

(Adaptado de Olimpíada Brasileira de Astronomia/ OBA/ Nível III/ 2014)

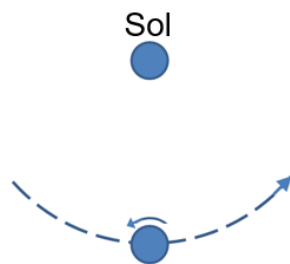


56) No mapa está representada uma planificação da superfície da Terra, destacando os dois polos geográficos, o Equador, os círculos polares e os trópicos. Eles estão identificados com as letras A, B, C, D, E, F e G à direita do mapa. Escolha a alternativa correta:

- A) um observador que esteja entre os paralelos C e E vê o Sol passar pelo zênite duas vezes por ano.
- B) quando o Sol está sobre o paralelo C tem início o inverno no Hemisfério Norte.
- C) em um solstício o Sol está sobre o paralelo B ou F.
- D) no equinócio de setembro o Sol cruza a linha D no sentido de E para C.

01

(Autora, 2018)



57) e 58) A figura mostra um planeta em que tanto o movimento de rotação em torno de seu próprio eixo quanto o movimento orbital têm sentido anti-horário quando visto do hemisfério norte. Para esse planeta é correto afirmar que a duração do dia sideral

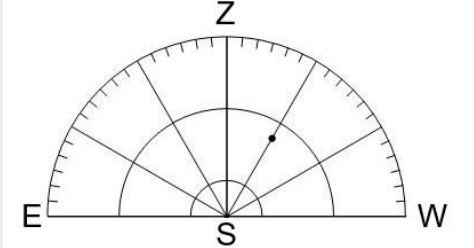
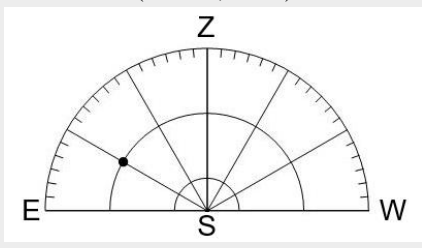
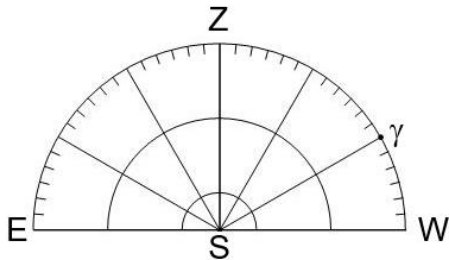
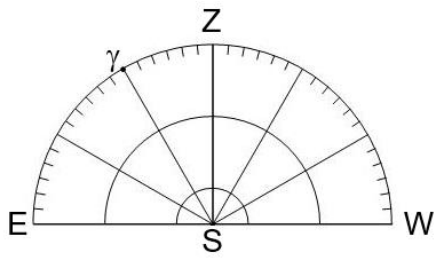
- A) é maior do que a duração do dia solar médio.
- B) é igual à duração do dia solar médio.
- C) é menor do que a duração do dia solar médio.
- D) depende do semi-eixo maior da órbita.

(Autora, 2018)



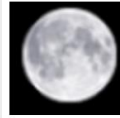
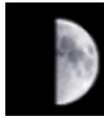












59) A figura mostra um planeta em que o movimento de rotação em torno de seu próprio eixo e o movimento orbital têm sentidos opostos. Para esse planeta é correto afirmar que a duração do dia sideral

- A) é maior do que a duração do dia solar médio.
- B) é igual à duração do dia solar médio.
- C) é menor do que a duração do dia solar médio.
- D) depende do semi-eixo maior da órbita.

Caminho	Questão	Par Isomórfico
02	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>60) Uma pessoa sobre a linha do equador vê a esfera celeste girar no sentido horário em torno do polo sul celeste, que está no horizonte. Para essa pessoa, qual é o ângulo horário da estrela representada pelo pequeno disco preto?</p> <p>A) - 30° B) 30° C) - 4^h D) 4^h</p>	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>61) Uma pessoa sobre a linha do equador vê a esfera celeste girar no sentido horário em torno do polo sul celeste, que está no horizonte. Para essa pessoa, qual é o ângulo horário da estrela representada pelo pequeno disco preto?</p> <p>A) - 30° B) 30° C) - 4^h D) 4^h</p>
03	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>62) e 63) Uma pessoa sobre a linha do equador vê a esfera celeste girar no sentido horário em torno do polo sul celeste, que está no horizonte. O ponto vernal é representado pela letra g. Qual é o tempo sideral no instante mostrado na figura?</p> <p>A) 2^h B) 4^h C) 20^h D) 22^h</p>	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>64) Uma pessoa sobre a linha do equador vê a esfera celeste girar no sentido horário em torno do polo sul celeste, que está no horizonte. O ponto vernal é representado pela letra g. Qual é o tempo sideral no instante mostrado na figura?</p> <p>A) 2^h B) 4^h C) 20^h D) 22^h</p>
01	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>65) e 66) Se a Lua nascer hoje às 22 h 30 min, amanhã ela:</p> <p>A) vai nascer às 21 h 45 min. B) vai nascer às 22 h 30 min. C) vai nascer às 23 h 15 min. D) não vai nascer.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>67) Se a Lua nascer hoje às 23 h 30 min, amanhã ela:</p> <p>A) vai nascer às 22 h 45 min. B) vai nascer às 23 h 30 min. C) vai nascer às 0 h 15 min. D) não vai nascer.</p>

Caminho	Questão	Par Isomórfico																																				
02	<p>(Autora, 2018)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dia</th> <th>Semi-diâmetro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>16' 37".72</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>16' 42".28</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>16' 41".47</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>16' 35".47</td> </tr> </tbody> </table> <p>68) A tabela mostra o semi-diâmetro da Lua em alguns dias do mês de julho de 2018. Em que dia ela estava mais próxima do perigeu?</p> <p>A) dia 12 B) dia 13 C) dia 14 D) dia 15</p>	Dia	Semi-diâmetro	12	16' 37".72	13	16' 42".28	14	16' 41".47	15	16' 35".47	<p>(Autora, 2018)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dia</th> <th>Semi-diâmetro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>14' 46".05</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>14' 43".34</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>14' 42".23</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>14' 42".61</td> </tr> </tbody> </table> <p>69) A tabela mostra o semi-diâmetro da Lua em alguns dias do mês de julho de 2018. Em que dia ela estava mais próxima do apogeu?</p> <p>A) dia 25 B) dia 26 C) dia 27 D) dia 28</p>	Dia	Semi-diâmetro	25	14' 46".05	26	14' 43".34	27	14' 42".23	28	14' 42".61																
Dia	Semi-diâmetro																																					
12	16' 37".72																																					
13	16' 42".28																																					
14	16' 41".47																																					
15	16' 35".47																																					
Dia	Semi-diâmetro																																					
25	14' 46".05																																					
26	14' 43".34																																					
27	14' 42".23																																					
28	14' 42".61																																					
03	<p>(Autora, 2018)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dia</th> <th>Ascensão reta</th> <th>Declinação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31/7</td> <td>22^h59^m26^s</td> <td>- 9°52'04".2</td> </tr> <tr> <td>1/8</td> <td>23^h45^m47^s</td> <td>- 5°52'03".4</td> </tr> <tr> <td>2/8</td> <td>00^h32^m07^s</td> <td>- 1°34'15".7</td> </tr> <tr> <td>3/8</td> <td>01^h19^m08^s</td> <td>2°52'10".6</td> </tr> <tr> <td>4/8</td> <td>02^h07^m34^s</td> <td>7°17'04".5</td> </tr> </tbody> </table> <p>70) e 71) A tabela mostra as coordenadas equatoriais da Lua em alguns dias de julho e agosto de 2018. Em que momento ela passou do hemisfério sul para o hemisfério norte?</p> <p>A) entre os dias 31/07 e 01/08 B) entre os dias 01/08 e 02/08 C) entre os dias 02/08 e 03/08 D) entre os dias 03/08 e 04/08</p>	Dia	Ascensão reta	Declinação	31/7	22 ^h 59 ^m 26 ^s	- 9°52'04".2	1/8	23 ^h 45 ^m 47 ^s	- 5°52'03".4	2/8	00 ^h 32 ^m 07 ^s	- 1°34'15".7	3/8	01 ^h 19 ^m 08 ^s	2°52'10".6	4/8	02 ^h 07 ^m 34 ^s	7°17'04".5	<p>(Autora, 2018)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dia</th> <th>Ascensão reta</th> <th>Declinação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13/8</td> <td>11^h00^m01^s</td> <td>9°48'32".6</td> </tr> <tr> <td>14/8</td> <td>11^h55^m38^s</td> <td>4°57'28".5</td> </tr> <tr> <td>15/8</td> <td>12^h48^m49^s</td> <td>- 0°01'38".9</td> </tr> <tr> <td>16/8</td> <td>13^h40^m15^s</td> <td>- 4°51'04".5</td> </tr> <tr> <td>17/8</td> <td>14^h30^m38^s</td> <td>- 9°17'01".2</td> </tr> </tbody> </table> <p>72) A tabela mostra as coordenadas equatoriais da Lua em alguns dias de agosto de 2018. Em que momento ela passou do hemisfério norte para o hemisfério sul?</p> <p>A) entre os dias 13 e 14 B) entre os dias 14 e 15 C) entre os dias 15 e 16 D) entre os dias 16 e 17</p>	Dia	Ascensão reta	Declinação	13/8	11 ^h 00 ^m 01 ^s	9°48'32".6	14/8	11 ^h 55 ^m 38 ^s	4°57'28".5	15/8	12 ^h 48 ^m 49 ^s	- 0°01'38".9	16/8	13 ^h 40 ^m 15 ^s	- 4°51'04".5	17/8	14 ^h 30 ^m 38 ^s	- 9°17'01".2
Dia	Ascensão reta	Declinação																																				
31/7	22 ^h 59 ^m 26 ^s	- 9°52'04".2																																				
1/8	23 ^h 45 ^m 47 ^s	- 5°52'03".4																																				
2/8	00 ^h 32 ^m 07 ^s	- 1°34'15".7																																				
3/8	01 ^h 19 ^m 08 ^s	2°52'10".6																																				
4/8	02 ^h 07 ^m 34 ^s	7°17'04".5																																				
Dia	Ascensão reta	Declinação																																				
13/8	11 ^h 00 ^m 01 ^s	9°48'32".6																																				
14/8	11 ^h 55 ^m 38 ^s	4°57'28".5																																				
15/8	12 ^h 48 ^m 49 ^s	- 0°01'38".9																																				
16/8	13 ^h 40 ^m 15 ^s	- 4°51'04".5																																				
17/8	14 ^h 30 ^m 38 ^s	- 9°17'01".2																																				
01	<p>(GREEN, 2003, p. 46)</p> <p>73) e 74) Um eclipse da Lua acontece quando a Terra se encontra entre o Sol e a Lua. Qual é a fase da Lua nesse momento?</p> <p>A) Nova. B) Crescente. C) Cheia. D) Minguante.</p>	<p>(Adaptado de GREEN, 2003)</p> <p>75) Um eclipse do Sol acontece quando a Lua se encontra entre o Sol e a Terra. Qual é a fase da Lua nesse momento?</p> <p>A) Nova. B) Crescente. C) Cheia. D) Minguante.</p>																																				

Caminho	Questão	Par Isomórfico
02	<p>(Autora, 2018)</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;">   </div> <p>A B</p> <p>76) A figura A mostra como a Lua será vista no dia 23/11 por um observador em Paris. Aproximadamente quanto tempo depois ela terá a aparência da figura B?</p> <p>A) uma semana B) duas semanas C) três semanas D) quatro semana</p>	<p>(Autora, 2018)</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;">   </div> <p>A B</p> <p>77) A figura A mostra como a Lua será vista no dia 23/11 por um observador em Paris. Aproximadamente quanto tempo depois ela terá a aparência da figura B?</p> <p>A) uma semana B) duas semanas C) três semanas D) quatro semanas</p>
03	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>78) e 79) A figura mostra a Lua como será vista no dia 28/11/2018 por um observador no hemisfério sul. Qual alternativa corresponde à Lua vista do hemisfério norte nesse mesmo dia?</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <p>a</p> <p>b</p> <p>c</p> <p>d</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">     </div>	<p>(Autora, 2018)</p>  <p>80) A figura mostra a Lua como será vista no dia 18/11/2018 por um observador no hemisfério sul. Qual alternativa corresponde à Lua vista do hemisfério norte nesse mesmo dia?</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <p>a</p> <p>b</p> <p>c</p> <p>d</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">     </div>

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa como voluntário(a). Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento (duas páginas), que está em duas vias. Uma delas é sua, e a outra dos pesquisadores. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida, você poderá esclarecê-las com os pesquisadores relacionados abaixo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Peer Instruction em uma disciplina de Astronomia: uma análise à luz da teoria Sociointeracionista de Vygotsky

Pesquisadora Responsável: Jamili de Paula Neves – Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências

Contato: jamilidepaula@gmail.com

Descrição da pesquisa (conforme Res. CNS n.º196/96)

Os objetivos desta pesquisa são:

- Investigar quais são os conhecimentos que você, estudante da disciplina de “Introdução à Astronomia”, apresenta sobre o tema;
- Analisar a eficiência das aulas que você assistirá ao decorrer do semestre;

As atividades serão realizadas ao longo do semestre letivo no horário normal de aula. Você participará da pesquisa da seguinte forma:

- Realizando atividades individuais e em equipe na sala de aula e em horário de aula;
- Realizando atividades no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) já disponibilizado e utilizado pela instituição;
- Realizando atividades observacionais, realizadas de forma esporádica.

As aulas serão assistidas pela pesquisadora, que colherá dados importantes para a pesquisa. Os dados referentes às atividades no AVA serão registrados no próprio ambiente.

IMPORTANTE: Em nenhum momento serão divulgados os nomes dos participantes e todo o material coletado será utilizado apenas com o propósito da pesquisa. Apenas os pesquisadores terão acesso ao material. Nenhum dos participantes terá gastos financeiros com a pesquisa.

Esta pesquisa oferece risco mínimo aos participantes, entretanto, podem gerar desconfortos associados à presença da pesquisadora em sala. Por esse motivo, será garantida a liberdade do participante, de recusar a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da

pesquisa sem penalização ou prejuízo algum. Após análise, a essência do material constituirá a dissertação de mestrado da pesquisadora Jamili de Paula Neves, que se compromete a trazer nesse trabalho contribuições concretas ao Ensino de Astronomia e à formação de alunos de forma geral. O encerramento da pesquisa se dará após análise final do material coletado que será arquivado para possíveis análises futuras.

Caso sejam necessárias mais explicações, a pesquisadora estará à disposição para esclarecer as dúvidas, pelo correio eletrônico ou pessoalmente.

Jamili de Paula Neves
Pesquisadora Responsável

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu, _____,
aluno(a) da Universidade Federal de Itajubá, matriculado(a) sob o número _____, concordo em participar da pesquisa *Peer Instruction em uma disciplina de Astronomia: uma análise à luz da teoria Sociointeracionista de Vygotsky*. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador Newton de Figueiredo Filho e por meio deste termo sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto me leve a qualquer penalidade ou prejuízo.

Itajubá, ____ de _____ de 2018.

APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

AST927 – Introdução à Astronomia – Avaliação final

Nome: _____ Matrícula: _____

Para cada uma das questões a seguir, assinale somente uma alternativa e justifique sua resposta na folha anexa.

- 1) Ao longo deste semestre você teve a oportunidade de responder questões conceituais em sala, discuti-las com seus colegas e registrar suas respostas em fichas de papel. Caso essa mesma estratégia venha a ser usada em uma disciplina do próximo semestre, você gostaria que:
- a) houvesse mais questões desse tipo para serem respondidas e discutidas em sala.
 - b) houvesse o mesmo número de questões desse tipo para serem respondidas e discutidas em sala.
 - c) houvesse menos questões desse tipo para serem respondidas e discutidas em sala.
 - d) não houvesse questões desse tipo para serem respondidas e discutidas em sala.

Justifique sua resposta na folha anexa.

- 2) Ao longo deste semestre você teve a oportunidade de realizar atividades no ambiente Moodle antes das aulas. Caso essa mesma estratégia venha a ser usada em uma disciplina do próximo semestre, você gostaria que:
- a) houvesse mais questões desse tipo no Moodle.
 - b) houvesse o mesmo número de questões desse tipo no Moodle.
 - c) houvesse menos questões desse tipo no Moodle.
 - d) não houvesse questões desse tipo no Moodle.

Justifique sua resposta na folha anexa.

- 3) Ao longo deste semestre você teve a oportunidade de resolver listas de exercícios em sala em grupos de três alunos. Caso essa mesma estratégia venha a ser usada em uma disciplina do próximo semestre, você gostaria que:
- a) houvesse mais listas para serem resolvidas em sala.
 - b) houvesse o mesmo número de listas para serem resolvidas em sala.
 - c) houvesse menos listas para serem resolvidas em sala.
 - d) não houvesse listas para serem resolvidas em sala.

Justifique sua resposta na folha anexa.

- 4) Ao resolver as listas de exercícios em sala, você prefere:
- a) que as equipes sejam escolhidas aleatoriamente pelo professor.
 - b) que as equipes sejam escolhidas pelos alunos.
 - c) não faz diferença como as equipes são escolhidas.

Justifique sua resposta na folha anexa.

Para cada uma das afirmações a seguir, assinale somente uma alternativa.

- 5) Aprendi muitos conteúdos novos na disciplina Introdução à Astronomia.
 - a) Concordo totalmente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Indiferente
 - d) Discordo parcialmente
 - e) Discordo totalmente.

- 6) As atividades que fiz no Moodle me ajudaram a compreender melhor a aula seguinte.
 - a) Concordo totalmente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Indiferente
 - d) Discordo parcialmente
 - e) Discordo totalmente.

- 7) As questões de múltipla escolha que respondi em sala, discuti com os colegas e registrei as respostas em fichas de papel foram essenciais para que eu pudesse compreender a matéria.
 - a) Concordo totalmente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Indiferente
 - d) Discordo parcialmente
 - e) Discordo totalmente.

- 8) As listas de exercícios que resolvi em sala em grupos de três alunos foram essenciais para que eu pudesse compreender a matéria.
 - a) Concordo totalmente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Indiferente
 - d) Discordo parcialmente
 - e) Discordo totalmente.

- 9) Gostei de fazer atividades em equipe na sala de aula.
 - a) Concordo totalmente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Indiferente
 - d) Discordo parcialmente
 - e) Discordo totalmente.

- 10) Use a folha anexa para fazer críticas e dar sugestões para aperfeiçoar a disciplina Introdução à Astronomia.