



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ-UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
POLO 26

Flávio Viana Moraes

**Sequência didática gamificada para o ensino de Leis de Newton à luz da
Teoria da Aprendizagem Significativa**

Teresina

2025

Flávio Viana Moraes

**Sequência didática gamificada para o ensino de Leis de Newton à luz da
Teoria da Aprendizagem Significativa**

Dissertação apresentada ao Polo 26 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

Teresina
2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

M828s Moraes, Flávio Viana.
Sequência didática gamificada para o ensino de leis de
Newton à luz da teoria da aprendizagem significativa / Flávio Viana
Moraes. – Teresina, 2025.
169 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do
Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2025.

“Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges”.

1. Física - Estudo e Ensino. 2. Aprendizagem Significativa. 3.
Formação Docente. 4. Leis de Newton. I. Borges, Célio Aécio
Medeiros. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF – Polo 26 UFPI
ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FLÁVIO VIANA MORAIS

Às quinze horas e dezenove minutos do dia onze de julho de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se na sala auditório do Departamento de Física da UFPI a Comissão Julgadora da dissertação intitulado "Sequência didática gamificada para o ensino de leis de Newton à luz da teoria da aprendizagem significativa" do discente Flávio Viana Moraes, composta pelos professores Célio Aécio Medeiros Borges (orientadora, UFPI), Fábio Soares da Paz (titular externo, UFPI), Micaías Andrade Rodrigues (titular interno, UFPI), com participação através de sala virtual do *Goot Meet*, para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o orientador e Presidente da Comissão, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente a discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução N° 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 11 de julho de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **CELIO AECIO MEDEIROS BORGES**
Data: 14/07/2025 16:59:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr. Célio Aécio Medeiros Borges (orientador-UFPI)

Documento assinado digitalmente
 **FABIO SOARES DA PAZ**
Data: 15/07/2025 08:26:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Soares da Paz (titular externo-UFPI)

Documento assinado digitalmente
 **MICAÍAS ANDRADE RODRIGUES**
Data: 15/07/2025 08:16:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Micaías Andrade Rodrigues (titular interno-UFPI)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os que acreditam na educação como o melhor caminho para alcançar a liberdade e transformação social.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, pelo amor, paciência e apoio incondicional ao longo desta jornada. E àqueles que sempre torceram silenciosamente pelo meu sucesso, meu sincero reconhecimento.

Aos amigos que, de diferentes formas, contribuíram com palavras de incentivo, apoio nos momentos difíceis, deixo minha gratidão.

Aos professores e colegas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), especialmente aos que estiveram presentes durante as disciplinas e discussões acadêmicas, por contribuírem significativamente para minha formação profissional e humana.

Ao meu orientador, pelo acompanhamento atento, pelas sugestões criteriosas e pelo comprometimento durante as etapas deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta caminhada, muito obrigado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPIGRAFE

“Surpreendentemente, nem sempre é fácil demonstrar que ocorreu aprendizagem significativa. A compreensão genuína implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis”
(Ausubel,2003, p.130)

RESUMO

Este trabalho, de natureza qualitativa, do tipo pesquisa-ação, teve como objetivo geral elaborar uma sequência didática gamificada e fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, voltada aos anos finais do ensino fundamental, com o propósito de auxiliar professores a promoverem uma aprendizagem potencialmente significativa no ensino de Física, em específico, no conteúdo das Leis de Newton. O estudo teve como objetivos específicos investigar teorias da aprendizagem significativa e da gamificação; diagnosticar conhecimentos prévios de estudantes do 8º ano; desenvolver e implementar a sequência; analisar seu impacto na aprendizagem; e produzir um material potencialmente significativo como produto educacional. A pesquisa-ação adotou abordagem qualitativa com delineamento quase-experimental em série temporal. Foram aplicados questionários de levantamento de conhecimentos prévios, mapas conceituais e o jogo “Serpentes e Escadas” como atividade formativa. A análise dos dados, baseada na análise de conteúdo de Bardin (1977), identificou lacunas iniciais na estrutura cognitiva dos alunos e evidenciou, ao longo da intervenção, avanços na clareza conceitual, hierarquização de conhecimentos e capacidade de aplicar conceitos em contextos variados. O uso da gamificação promoveu maior engajamento e predisposição para o aprendizado. Os resultados indicam que a proposta favoreceu um processo de aprendizagem potencialmente significativa em curso e sugerem que sequências gamificadas, quando embasadas teoricamente, representam alternativa promissora para o ensino de Física. Recomenda-se investigar sua aplicação em diferentes níveis de ensino, temáticas e aprimorar instrumentos de avaliação da aprendizagem significativa.

Palavras-chave: ensino de física; gamificação; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This qualitative, action-research study aimed to develop a gamified teaching sequence based on the Theory of Meaningful Learning, aimed at the final years of elementary school, with the purpose of helping teachers promote potentially meaningful learning in the teaching of Physics, specifically in the content of Newton's Laws. The study had as specific objectives to investigate theories of meaningful learning and gamification; diagnose prior knowledge of 8th grade students; develop and implement the sequence; analyze its impact on learning; and produce potentially meaningful material as an educational product. The action-research adopted a qualitative approach with a quasi-experimental design in time series. Questionnaires to assess prior knowledge, conceptual maps and the game “Snakes and Ladders” were applied as a training activity. Data analysis, based on Bardin's (1977) content analysis, identified initial gaps in the students' cognitive structure and demonstrated, throughout the intervention, advances in conceptual clarity, knowledge hierarchy and ability to apply concepts in different contexts. The use of gamification promoted greater engagement and predisposition to learning. The results indicate that the proposal favored a potentially significant learning process in progress and suggest that gamified sequences, when theoretically based, represent a promising alternative for teaching Physics. It is recommended to investigate its application in different levels of education, themes and to improve instruments for assessing significant learning.

Keywords: physics teaching; gamification; meaningful learning.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Distensão de uma mola.....	18
Figura 2: O efeito de forças conforme a direção e sentido em que são aplicadas a uma balança de mola.....	19
Figura 3: Experiência de disco deslizando sobre uma camada de gás.....	23
Figura 4: Experiência de colisão entre dois discos.....	25
Figura 5: Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica. 29	
Figura 6 : Diagrama da dinâmica da diferenciação progressiva e reconciliação integradora na estrutura cognitiva.....	35
Figura 7 : Diagrama esquemático para explicar o estado de Flow.....	40
Figura 8: Atividade gamificada - Mapa conceitual.....	50
Figura 9: Tela do jogo Serpentes e Escadas.....	52
Figura 10 - Mapa conceitual elaborado pelos professores Hugo Fernandez, Marta Ramirez e Ana Schnersch em uma oficina pedagógica.....	53
sobre mapas conceituais realizada em Bariloche, Argentina, 1994.....	53
Figura 11 - página inicial da plataforma GENIALLY.....	57
Figura 12 - Plataforma Genially, tela de acesso aos modelos prontos de jogos e outros recursos interativos.....	58
Figura 13 - Tela de jogo do Serpentes e Escadas.....	58
Figura 14 - Página de edição do jogo Serpentes e Escadas na plataforma Genially.....	59
Figura 15 - Registros da aplicação da atividade de Mapas Conceituais.....	61
Figura 16 - Alunos interagindo, por meio do tablet, com o jogo Serpentes e Escadas.....	63
Figura 17 - Alunos resolvendo um problema do jogo Serpentes e Escadas.....	63
Figura 18 - mapa conceitual produzido pelo grupo A.....	78
Figura 19 - Resultado do levantamento e análise dos conhecimentos prévios relevantes, dos aprendizes, em relação ao conteúdo de Leis de Newton.....	95
Figura 20 - mapa conceitual produzido pelo grupo A.....	97
Figura 21 - Mapa Conceitual produzido pelos alunos do grupo B.....	100
Figura 22 - Mapa conceitual produzido pelos alunos do grupo D.....	102

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OS PRINCÍPIOS DA DINÂMICA: AS LEIS DO MOVIMENTO DE NEWTON.....	15
2.1. O PROBLEMA DA DINÂMICA.....	15
2.2. O CONCEITO DE FORÇA.....	16
2.3. A LEI DA INÉRCIA.....	20
2.4. O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....	22
2.5. A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO E O PRINCÍPIO DA AÇÃO E REAÇÃO.....	25
3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E GAMIFICAÇÃO.....	28
3.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	28
3.2. GAMIFICAÇÃO.....	40
4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	43
4.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS.....	43
4.2. DESAFIOS NEWTONIANOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE LEIS DE NEWTON.....	47
4.3. RECURSOS UTILIZADOS.....	53
4.3.1. MAPAS CONCEITUAIS.....	53
4.3.2. PLATAFORMA GENIALLY : JOGO SERPENTES E ESCADAS.....	57
4.4. RELATO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	60
5. METODOLOGIA, CAMPO E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	65
5.1. NATUREZA E ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA.....	65
5.2. PROCEDIMENTOS: PESQUISA QUASE-EXPERIMENTAL E SÉRIE TEMPORAL.....	66
5.3. A PESQUISA-AÇÃO E O ENVOLVIMENTO DO PESQUISADOR.....	67
5.4. CONTEXTO DA PESQUISA.....	68
5.4.1. Local da pesquisa.....	68
5.4.2. Sujeitos da pesquisa.....	68
5.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	69
5.5.1. Questionário.....	69
5.5.2. Diário de campo.....	69
5.6. MÉTODO DE ANÁLISE.....	70
5.6.1. A Pré-análise.....	72
5.6.2. Exploração do material.....	83
5.6.3. Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.....	85
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
6.1. ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	86
6.1.1. Análise das respostas do Grupo A.....	87
6.1.2. Análise das respostas do Grupo B.....	89

6.1.3. Análise das respostas do Grupo D.....	92
6.1.4. Síntese e discussão dos resultados.....	95
6.2. ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	97
6.2.1. Mapa conceitual do grupo A.....	97
6.2.2. Mapa conceitual do grupo B.....	100
6.2.3. Mapa conceitual do grupo D.....	102
6.2.4. Síntese e discussão dos resultados.....	104
6.3. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA ATIVIDADE FINAL.....	106
6.3.1. Síntese e discussão da análise dos resultados.....	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICES.....	120
APÊNDICE I - Transcrição das respostas do Desafio 1 - Conhecimentos Prévios.....	121
APÊNDICE II - Mapas conceituais dos alunos.....	128
APÊNDICE III - Transcrição das respostas do Desafio 3 - Serpentes e Escadas.....	130
APÊNDICE IV - Questionários de Conhecimentos Prévios.....	133
APÊNDICE V - Mapas Conceituais digitalizados.....	135
APÊNDICE VI.....	138
Sequência didática gamificada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa: Desafios Newtonianos.....	138

1. INTRODUÇÃO

A educação vem passando por diversas mudanças ao longo dos anos. Mudanças tecnológicas, sociais e educacionais vêm moldando novas perspectivas sobre o processo de ensino-aprendizagem. Mesmo assim, o ensino de Física, principalmente no contexto da educação básica, ainda encontra diversos desafios. Entre eles, como aponta Moreira (2018), temos baixos salários, excesso de turmas e, principalmente, um ensino de Física que ainda encontra-se amarrado a um modelo tradicional de ensino, focado apenas em aulas puramente expositivas, na memorização e aplicação de fórmulas que não fazem sentido para os alunos.

Nesse contexto, a forma tradicional de abordagem contribui para um processo de ensino-aprendizagem predominantemente mecânico e desprovido de significado que acaba por cercear a predisposição dos aprendizes para aprender de forma significativa (Ausubel, 2003). Esse cenário evidencia, portanto, a necessidade de se pensar em alternativas didáticas que promovam o engajamento dos estudantes e favoreçam aprendizagens mais duradouras e significativas.

Diante dessa problemática, a presente pesquisa se propõe a desenvolver uma sequência didática gamificada voltada ao ensino das Leis de Newton, estruturada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. A escolha por essa teoria se dá por sua ênfase na promoção de uma aprendizagem mais profunda e com construção de conhecimentos mais duradouros. Além disso, ela enfatiza o papel dos conhecimentos prévios dos alunos na organização lógica e relacional dos novos conteúdos, elementos essenciais para que a aprendizagem seja significativa e não apenas memorística (Ausubel, 2003).

Trabalhos como Costa e Verdeaux (2016), Silva e Sales (2017), Silva, Sales e Castro (2019) e Silva e Souza (2024) evidenciam ganhos consistentes ao empregar a gamificação no ensino de Física. Costa e Verdeaux (2016) mostraram, por meio de testes pré e pós-intervenção, que o grupo submetido à metodologia gamificada apresentou indícios mais fortes de aprendizagem significativa em comparação ao grupo de aula tradicional. Silva e Sales (2017) revelaram evidências, a partir de sua pesquisa, de que os elementos lúdicos promovem maior envolvimento, motivação e autonomia, favorecendo a resolução de problemas físicos.

No estudo quase-experimental de Silva, Sales e Castro (2019), os resultados da pesquisa indicaram que, em ambiente gamificado, alunos do grupo experimental obtiveram

melhoras na aprendizagem em relação ao grupo de controle comprovando melhora significativa no desempenho.

Mais recentemente, Silva e Souza (2024) desenvolveram a sequência didática “Missão Aeroespacial Ultra-Secreta”, que utilizou RPG, simuladores e Google Maps para trabalhar satélites e GPS, e observaram um aumento expressivo na compreensão conceitual, no engajamento e no trabalho colaborativo. Ao incorporar a gamificação como estratégia metodológica, busca-se, portanto, estimular o engajamento e a predisposição do aluno para aprender — elemento considerado essencial para que a aprendizagem significativa realmente ocorra.

Quanto a escolha da temática das Leis de Newton, esta se justifica tanto pela relevância conceitual no ensino de Física quanto pelas dificuldades constatadas por experiências vivenciadas em minha prática docente no processo de ensino desses conteúdos, nas quais percebi a necessidade de estratégias mais motivadoras e interativas. O uso da gamificação, nesse contexto, não se resume à introdução de jogos ou recompensas, mas se ancora em fundamentos teóricos que possibilitam um redesenho das atividades de ensino, criando uma jornada de aprendizagem progressiva, desafiadora e potencialmente significativa para os estudantes.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo geral elaborar uma sequência didática gamificada e fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, voltada aos anos finais do ensino fundamental, com o propósito de auxiliar professores a promoverem uma aprendizagem potencialmente significativa no ensino de Física, especificamente no tópico das Leis de Newton. Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: investigar os fundamentos teóricos da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Gamificação; identificar os conhecimentos prévios dos estudantes; desenvolver uma sequência didática gamificada; testá-la em um contexto real de ensino; relatar o processo e analisar os resultados obtidos; e, por fim, elaborar um material didático potencialmente significativo como produto educacional.

A pesquisa delimita-se ao ensino das três leis do movimento de Newton no contexto dos anos finais do ensino fundamental, e foi realizada com estudantes de uma turma preparatória para a Olimpíada de Química, composta por estudantes do 8^a ano de uma escola pública estadual. O estudo é qualitativo e adota uma abordagem de pesquisa-ação, o que

possibilitou o acompanhamento reflexivo e crítico da aplicação e dos resultados da sequência didática.

Ao longo desta dissertação, o leitor encontrará, nos capítulos subsequentes, uma contextualização teórica das Leis de Newton e da Teoria da Aprendizagem Significativa (Capítulos 2 e 3), a descrição e fundamentação da sequência didática gamificada elaborada (Capítulo 4), a metodologia e instrumentos utilizados na pesquisa (Capítulo 5), a análise dos dados obtidos a partir da aplicação do produto educacional (Capítulo 6), e, por fim, as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros (Capítulo 7).

2. OS PRINCÍPIOS DA DINÂMICA: AS LEIS DO MOVIMENTO DE NEWTON

Por que uma pluma cai mais devagar do que um martelo? E por que sentimos, quando estamos dentro de um veículo em movimento, uma espécie de empurrão para frente no momento em que ele desacelera rapidamente? O que causa o movimento das coisas? Essas e outras questões são do domínio da Física, em especial da **Dinâmica**, área da Física que se preocupa com a relação entre o movimento dos corpos e suas causas (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Nas próximas seções será apresentada uma das primeiras concepções sobre o movimento dos corpos, seguida, posteriormente, pela exposição e discussão das leis do movimento conhecidas como as leis do movimento de Newton.

2.1. O PROBLEMA DA DINÂMICA

A Mecânica enquanto estudo do movimento é tão antiga quanto as primeiras civilizações socialmente organizadas, organização essa que resulta na necessidade de estabelecimento de um tempo social, isto é, a criação de um calendário que discipline a vida em sociedade, delimitam o tempo colheita, estocagem de alimento entre outros fenômenos periódicos que determinam a vida coletiva. Cerca de dois milênios a.C as civilizações antigas no oriente médio e no extremo oriente faziam uso de calendários e métodos de observações do movimento dos corpos celestes (ROCHA, 2002). O movimento dos corpos é, portanto, uma das preocupações mais antigas na história da Ciência.

Na Grécia antiga, o filósofo grego Aristóteles (384 a.C - 322 a.C) propôs uma explicação para o movimento dos corpos, na qual afirma que “um corpo se move por que uma força é aplicada a ele, e se mantém em movimento pelo tempo que a força continuar”(Rooney, 2016, p.77). No entanto, observa-se que, mesmo depois das coisas perderem o contato físico com quem os impulsiona, os objetos continuam a se mover, como é o caso de um projétil lançado ao ar que, só depois de um certo tempo, cai e pára de se mover.

Quanto ao problema do projétil lançado, Aristóteles tentou resolver propondo, por exemplo, que a continuidade do movimento de uma flecha se deve ao meio a qual ela viaja, esse continua a exercer força sobre a flecha lançando-a a seu alvo (Rooney, 2016). Segundo Souza Cruz (1985), no conceito de força de Aristóteles podemos observar duas propriedades fundamentais: 1 - A força está sempre ligada a um corpo causador de força, ou seja, esta é

uma propriedade do corpo causador de força; 2 - A força é proporcional à velocidade do corpo o qual ela exerce influência.

Uma outra teoria, proposta inicialmente pelo matemático grego Hiparco (190 a.C - 120 a.C) e que depois foi desenvolvida pelo filósofo francês Buridan (1300 d.C - 1350 d.C), ao invés de atribuir ao meio o status de impulsionador de movimento como fez Aristóteles, contribui com a ideia na qual uma força é transferida para um corpo fazendo-o adquirir um *impetus* ou ímpeto de movimento que diminui naturalmente com o tempo (ROONEY, 2016).

Essas são algumas das primeiras tentativas de justificar o movimento de coisas, e posteriormente outros cientistas se empenharam nos estudos sobre o movimento, entre eles destacam-se Galileu Galilei e Isaac Newton, pois eles foram responsáveis por estabelecer os princípios básicos da dinâmica entre os séculos XVI e XVII (NUSSENZVEIG, 2013).

Esse breve panorama histórico evidencia que a compreensão do movimento — e, consequentemente, da dinâmica — é uma preocupação antiga da humanidade, que evoluiu desde as explicações de Aristóteles até a formulação matemática e experimental de Newton. O problema central da dinâmica, portanto, reside na tentativa de compreender **por que e como os corpos se movem**, ou seja, **quais são as causas que produzem, mantêm ou modificam o estado de movimento de um corpo**. Essa questão atravessou séculos de debate e investigação até ser sistematizada pelas Leis do Movimento de Newton, que reformularam radicalmente o entendimento de força e movimento. Na seção seguinte, esse percurso será retomado com a apresentação do conceito de força sob a ótica da mecânica newtoniana, reconhecendo sua importância como fundamento para a formulação das leis que regem a dinâmica dos corpos.

2.2. O CONCEITO DE FORÇA

O conceito de força é um dos pilares da mecânica clássica e ocupa um papel central na Física, particularmente no estudo das Leis de Newton. Historicamente, o entendimento de força passou por uma evolução significativa, desde as ideias aristotélicas de movimento até as formulações matemáticas de Isaac Newton (Sousa; Macêdo; Alves Júnior, 2020). À primeira vista, a definição do conceito de força não parece constituir uma tarefa complexa, uma vez que há uma compreensão elementar derivada da experiência cotidiana de quando levantamos algum um livro ou quando deformamos uma mola. Da mesma maneira, quando arrastamos uma cadeira ou chutamos uma bola estamos exercendo forças sobre esses objetos. Assim, no senso comum, a ideia de força seria a associada à ideia de esforço

muscular, contato, deformação e movimento. No entanto, a ausência de movimento e de contato entre um corpo e o agente causador da força não são indicativos de ausência de forças. No caso de um livro em repouso sobre uma mesa, por exemplo, a força gravitacional (uma força que age a distância) e a força que a mesa exerce no livro estão atuando no corpo apesar do repouso.

Diferentemente da concepção aristotélica, existem sim forças que agem sobre os corpos sem necessidade de contato físico entre eles, então uma boa noção do que é força deve levar esse fato em consideração. Uma definição melhor que a de senso comum segundo Young e Freedman (2016, p.111) seria a “que uma força é uma *interação* entre dois corpos ou entre o corpo e seu ambiente”. Dessa forma, a definição pode abranger tanto interações de contato como as à distância por meio do espaço.

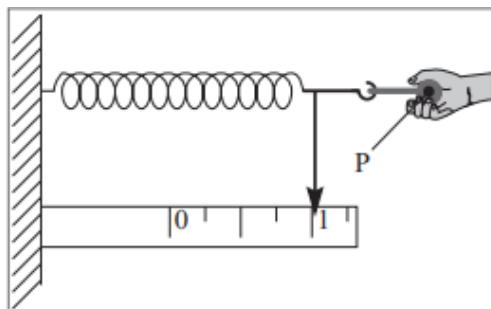
O conceito de força se estabelece, na perspectiva de Newton, atrelado ao estudo da gravitação:

Newton imaginava que todas as partículas que formam a Terra se combinavam de forma a atrair tanto uma maçã, localizada a poucos palmos acima da superfície da Terra, como de centenas a milhares de quilômetros, como era o caso da lua, essa força tenderia a diminuir com o quadrado inverso das distâncias do centro da Terra (Rocha, 2002 apud Sousa et al, 2020, p.17)

Assim, Newton identifica o peso de um corpo como uma força externa ao corpo, resultado de sua interação com a Terra. Ele ainda amplia o significado de força, segundo Polito (2016) apud Sousa (2020), esse conceito é definido como uma ação exercida sobre um corpo, com o intuito de mudar seu estado inicial de repouso ou de movimento retilíneo com velocidade constante. Portanto, o conceito de força pode ser compreendido como uma interação entre corpos, capaz de provocar a alteração do estado inicial de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, resultando, nesse caso, em um movimento acelerado.

O efeito de uma força aplicada a um corpo **P**, preso a uma mola, de dimensões desprezíveis pode ser medido utilizando a deformação linear de uma mola, conforme a representação da figura 1:

Figura 1: Distensão de uma mola.

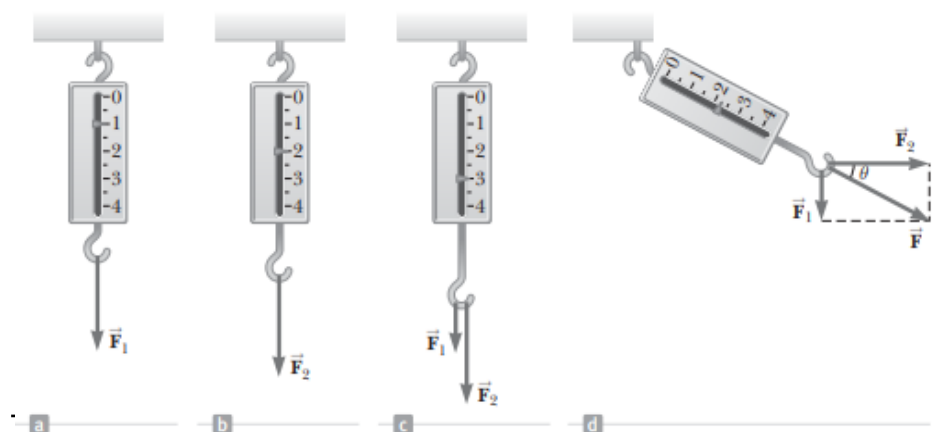


Fonte: Nussenzveig (2013).

Indicamos a posição inicial no “0”, antes da aplicação da força, por um ponteiro ligado à mola. Assim, podemos construir uma escala que nos permite medir o efeito da aplicação da força nessa mola. Definindo uma unidade arbitrária de força, é associada a graduação 1 a essa deformação da mola como mostra a figura 1. Desse modo, duas pessoas diferentes aplicam a mesma força quando ao puxar a partícula, que está presa à mola, o ponteiro é levado ao equilíbrio na marcação correspondente ao “1” (NUSSENZVEIG, 2013). Esse é o princípio de funcionamento de uma balança de molas usada para medir o peso de diferentes objetos.

O peso, como já mencionamos anteriormente, é justamente a medida da força de atração que a Terra exerce nos corpos. Podemos usar o exemplo da balança de mola comum para medir o efeito de forças conforme a direção e sentido em que elas são aplicadas, conforme mostra a figura 2.

Figura 2: O efeito de forças conforme a direção e sentido em que são aplicadas a uma balança de mola.



Fonte: Serway e Jewett (2014)

Podemos ver na situação “a” da figura 2 que uma força vertical F_1 aplicada a uma balança de mola com extremidade superior fixa provoca na mola uma deformação de 1 unidade e uma força F_2 , como representa a situação “b”, provoca uma deformação de 2 unidades na mola. Dessa forma, considerando que se trata da mesma balança de mola, podemos representar F_2 por

$$F_2 = 2F_1 \quad (1)$$

Já na situação “c”, as duas forças foram aplicadas na mesma direção e sentido, ocasionando uma deformação de 3 unidades. Então, temos a balança submetida a uma força equivalente a :

$$F_1 + F_2 = 3F_1 \quad (2)$$

$$F_1 + F_2 = 3 \quad (3)$$

Assim, podemos concluir que, no contexto da situação “c”, o efeito resultante da aplicação das duas forças é equivalente à soma algébrica das grandezas F_1 e F_2 . Entretanto, no caso da situação “d” o efeito resultante das mesmas forças não é simplesmente a soma

algébrica das forças aplicadas. Nesse caso, elas são aplicadas em direções perpendiculares entre si e tem aproximadamente como resultado 2,24 unidades. Esse resultado pode ser verificado ao aplicarmos o teorema de pitágoras:

$$F = \sqrt{F_1^2 + (2F_1)^2} \quad (4)$$

e então temos

$$F = F_1\sqrt{5} \quad (5)$$

Se na equação (5) F_1 corresponder a 1 unidade, F corresponderá a aproximadamente 2,24 unidades. Isso mostra que uma “força produz efeitos diferentes conforme a direção e sentido em que é aplicada, o que sugere uma representação de tipo vetorial” (Nussenzveig, 2013, p.90). Segundo Nussenzveig (2013), “uma grandeza física é um vetor quando é caracterizada por magnitude, direção e sentido e se comporta como um deslocamento, ou seja, obedece a leis de composição do mesmo tipo, que correspondem à soma de vetores e ao produto de um vetor por um escalar.”(Nussenzveig, 2013, p.64). Portanto, para caracterizar completamente uma força precisamos conhecer sua magnitude, direção e sentido. Dessa maneira, constatamos o caráter vetorial das forças.

2.3. A LEI DA INÉRCIA

O filósofo hispano-árabe Averrois (1126 -1198 d.C) foi a primeira pessoa a afirmar que uma força tem como efeito a mudança da condição cinética de uma massa resistente materialmente, e que há uma resistência dessas massas ao movimento. Esse conceito foi aplicado inicialmente apenas a corpos celestes. Foi Tomás de Aquino que estendeu o conceito a massas terrestres, sendo, por Kepler, introduzido o termo “inércia”(Rooney, 2016).

A desconfiança de Galileu a respeito da proposição de Aristóteles de que a gravidade agia de forma diferente em corpos de massas diferentes fez com que ele conduzisse experimentos para verificar a veracidade dessa afirmação. Assim, por meio de um experimento envolvendo o movimento de bolas com massas diferentes em planos inclinados, Galileu concluiu que o tempo necessário para as esferas atingirem o final do plano não depende da massa dos objetos. Ele demonstrou que a gravidade age igualmente sobre corpos

de massas distintas, sendo a diferença na velocidade de queda, como no caso de uma bola de papel e uma bola de canhão, atribuída à resistência do ar (Rooney, 2016).

Foi com base nesse experimento que Galileu formulou sua ideia sobre a lei da inércia ao considerar a situação em que as esferas fossem lançadas em uma superfície horizontal sobre um plano sem atrito desprezando a influência da resistência do ar. Nesse caso, não haveria necessidade de forças para manter o movimento da esfera que se moveria em um movimento retilíneo uniforme (Nussenzveig, 2013). Assim, temos a Lei da Inércia: “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele” (Nussenzveig, 2013, pág.93).

Mas para pensar em movimento, precisamos definir o referencial no qual medimos esse movimento. Nesse sentido, essa lei também define um conjunto de referenciais nos quais as leis do movimento de Newton serão sempre as mesmas, não importando de qual deles observamos o movimento. Esses sistemas de referência privilegiados são chamados referenciais inerciais (Serway; Jewett, 2014).

Uma das consequências dessa lei é que qualquer variação de velocidade de um corpo em relação a um referencial inercial tem que estar associada à ação de forças, ou seja, há uma relação entre força e aceleração de um corpo (Nussenzveig, 2013). Sabemos que para acelerar e frear um carrinho de supermercado vazio, por exemplo, requer bem menos força que um cheio, ou seja, variar a velocidade de um corpo que tem mais massa é mais difícil que variar a de um objeto com menos massa.

2.4. O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

O que acontece com um corpo quando não está sujeito a ação de força resultante é explicado pela Primeira Lei de Newton, isto é, neste caso o corpo estará em movimento com velocidade constante e em linha reta ou estará em repouso. Já a Segunda Lei de Newton, explica o que acontece quando há força resultante agindo sobre um corpo (Serway; Jewett, 2014).

Um corpo ao ser deixado cair de uma certa altura, nas proximidades da superfície da Terra, parte do repouso e vai continuamente ganhando velocidade durante sua queda, essa variação de velocidade é causada pela força que a Terra exerce nesse corpo, ou seja, a força gravitacional provoca uma aceleração. Este exemplo é o que chamamos de queda livre e neste caso a aceleração devido à gravidade, representada pela letra g é constante ($g = \text{constante}$), vertical dirigida para baixo.

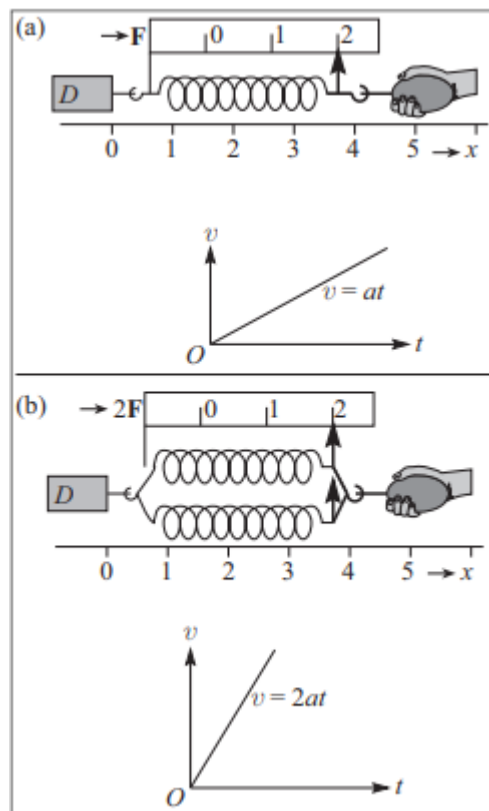
Sabendo que a deformação de uma mola que suspende uma massa m , em um dado ponto nas proximidades da superfície da Terra, é a mesma a qualquer altura. Isso sugere que há uma relação de proporcionalidade entre a força gravitacional e a aceleração sofrida pela massa m (NUSSENZVEIG, 2013). Essa relação pode ser escrita da seguinte forma:

$$\vec{a} = k\vec{F} \quad (6)$$

onde $\vec{a}$ é a aceleração, $\vec{F}$ é a força que o corpo está submetido e que equilibra a força gravitacional a qual comumente denominamos de peso $\vec{P}$, e k é um coeficiente que mede uma propriedade do corpo em resposta a força $\vec{F}$ aplicada.

Nussenzveig (2013) discute uma série de experimentos idealizados nos quais podemos observar a proporcionalidade entre força e aceleração para um mesmo corpo como mostra o exemplo da figura 3 a seguir:

Figura 3: Experiência de disco deslizando sobre uma camada de gás.



Fonte: Adaptado de Nussenzveig (2013)

Na situação (a), temos uma força $\vec{F}$, medida pela distensão da mola, aplicada ao disco D de massa m que produz uma aceleração $\vec{a}$. Caso aplicarmos ao mesmo disco D uma força $\vec{F}' = 2\vec{F}$, verifica-se que a aceleração do corpo é $2\vec{a}$. Dessa maneira podemos verificar a relação de proporcionalidade entre força e aceleração para um mesmo corpo de massa m :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (7)$$

ou ainda,

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (8)$$

Essa equação conhecida como a 2ª lei de Newton onde $\vec{F}$ é a força aplicada, $\vec{a}$ é a aceleração e m a massa ou coeficiente de inércia do corpo. O coeficiente de inércia mede a quantidade de matéria do objeto (Nussenzveig, 2013). Essa lei é também conhecida como **princípio fundamental da dinâmica** e pode ser enunciada da seguinte maneira: "Quando vista de um referencial inercial, a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à resultante das forças que agem sobre ele e inversamente proporcional à sua massa" (Serway; Jewett, 2014, pág.105).

Usualmente é adotado um sistema no qual todas as outras unidades da mecânica podem ser definidas, isto é, um internacional de medidas (SI) em que a unidade de comprimento é o metro (m), a de massa é o quilograma (kg) e o de tempo é o segundo (s) (Nussenzveig, 2013).

A unidade de força no Sistema Internacional (SI) é o newton (N). Segundo Nussenzveig (2013, p. 96), "1 N é a força que, ao ser aplicada a um corpo de 1 kg, produz uma aceleração de 1 m/s²". Isso mostra que a força depende da massa e da aceleração que ela provoca. Como discutido na seção 2.2, a força é uma grandeza vetorial, ou seja, possui módulo, direção e sentido. Por isso, quando várias forças atuam sobre um corpo, como $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ de diferentes origens, o efeito total, equação (9), é determinado pela soma vetorial dessas forças.

$$\sum_1^n \vec{F}_n = m\vec{a} \quad (9)$$

Esse é conhecido como o princípio da superposição de forças (Nussenzveig, 2013). Essa lei permite a análise e descrição do movimento de um corpo sob ação de uma força resultante e se o movimento de um corpo pode ser modelado por esta lei, podemos, por exemplo, dizer se essa partícula se move com aceleração constante se a força resultante também for (Serway; Jewett, 2014).

2.5. A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO E O PRINCÍPIO DA AÇÃO E REAÇÃO

A formulação original de Newton a respeito do princípio fundamental da dinâmica aliada ao princípio da conservação do momento linear são muito úteis no entendimento da 3ª lei de Newton. Começamos então pela definição de força de Newton que utiliza o conceito de momento linear $\vec{p}$, definida como

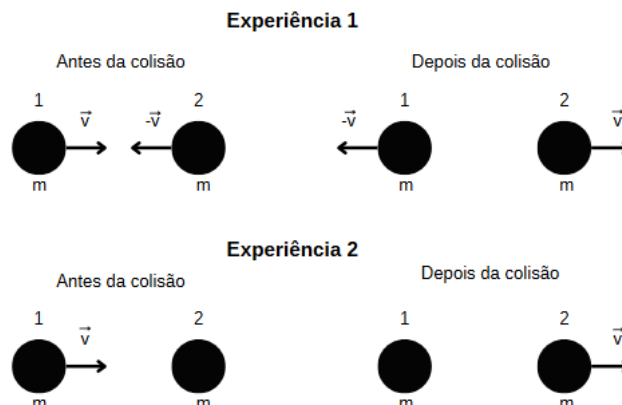
$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (10)$$

onde $\vec{p}$ é o momento linear de um corpo de massa m a uma velocidade $\vec{v}$. O momento linear é então uma grandeza vetorial medida pelo produto da massa de uma partícula pela sua velocidade (Nussenzveig, 2013). A 2ª lei de Newton obtida derivando a equação (10) em relação ao tempo t , obtendo assim a equação (11)

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad (11)$$

isto é, a força $\vec{F}$ pode ser definida como a variação temporal do momento linear de um corpo. Com esse resultado vamos seguir para a discussão de uma situação simples, em que há apenas a interação entre dois corpos. Vamos ver o que acontece com o movimento de dois discos antes e após uma colisão frontal entre eles, como representado na figura 4 a seguir.

Figura 4: Experiência de colisão entre dois discos



Fonte: O autor (2024)

Este experimento ilustra o que acontece antes e depois de uma colisão frontal entre dois discos de massa m com velocidades opostas antes da colisão, sendo $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, respectivamente, as velocidades dos discos 1 e 2 antes da colisão, $\vec{v}'_1$ e $\vec{v}'_2$ as velocidades depois da colisão. Dessa forma, podemos observar que antes da colisão os discos se aproximam com velocidades $\vec{v}_1 = \vec{v}$ e $\vec{v}_2 = -\vec{v}$, e logo depois, eles se afastam com as velocidades trocadas, ou seja, $\vec{v}'_1 = -\vec{v}$ e $\vec{v}'_2 = \vec{v}$ de modo que o momento total $\vec{P}$ antes da colisão é

$$\vec{P} = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 \quad (12)$$

$$\vec{P} = 0 \quad (13)$$

Do mesmo modo, o momento total $\vec{P}'$ após a colisão é

$$\vec{P}' = m\vec{v}'_1 + m\vec{v}'_2 \quad (14)$$

$$\vec{P}' = 0 \quad (15)$$

Olhando agora para o experimento 2 da figura 4, temos, antes da colisão, a situação do disco 1 em movimento com velocidade $\vec{v}_1 = \vec{v}$ em direção a um disco 2 que está em repouso ($\vec{v}_2 = 0$). Depois da colisão, os discos 1 e 2 adquirem respectivamente as velocidades $\vec{v}'_1 = 0$ e $\vec{v}'_2 = \vec{v}$. Assim, temos que novamente aplicando as equações (13) e (15) podemos constatar que o momento total do sistema $\vec{P}$ antes e $\vec{P}'$ depois da colisão são iguais:

$$\vec{P} = \vec{P}' \quad (16)$$

Esses exemplos mostram que em cada situação o momento total do sistema é conservado. Então, na ausência de forças externas agindo sobre o sistema, o momento total se conserva (Nussenzveig, 2013). Esse é o princípio da conservação do momento e ele nos informa que, no caso dos experimentos da figura 4, que o momento total antes e depois da colisão é o mesmo.

Podemos então escrever que

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{v}'_1 + m\vec{v}'_2 \quad (17)$$

e como $\Delta\vec{P}_1 = \vec{p}'_1 - \vec{p}_1$ e $\Delta\vec{P}_2 = \vec{p}'_2 - \vec{p}_2$, podemos reescrever a equação (17) como:

$$\Delta\vec{P}_1 = -\Delta\vec{P}_2 \quad (18)$$

e no limite em que o intervalo de tempo Δt for muito pequeno

$$\frac{d\vec{P}_1}{dt} = -\frac{d\vec{P}_2}{dt} \quad (19)$$

cada membro da equação (19) é equivalente a definição de força, equação (11), proposta por Newton, e dessa maneira temos que

$$\vec{F}_{1(2)} = -\vec{F}_{2(1)} \quad (20)$$

onde $\vec{F}_{1(2)}$ é a força aplicada em 1 devido a colisão com 2 e $\vec{F}_{2(1)}$ é a força em 2 devido a colisão com 1. Esta equação representa o princípio da Ação e Reação, ou 3ª lei de Newton, o qual diz que toda ação corresponde a uma reação contrária e de mesma intensidade (Nussenzveig, 2013). As forças de ação e reação, como podemos perceber pela descrição da equação (20), estão sempre aplicadas em corpos diferentes. Desse modo, por exemplo, a força normal e o peso não constituem um par ação e reação, pois são duas forças que agem no mesmo corpo.

3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E GAMIFICAÇÃO

Neste capítulo constam os pressupostos teóricos que fundamentam e orientam esta pesquisa: a **Teoria da Aprendizagem Significativa** e a **Gamificação**. Inicialmente, exploramos cada um desses conceitos e discutimos como, no contexto do ensino de Física, podem proporcionar experiências de aprendizagem potencialmente envolventes e motivadoras para os aprendizes, e possivelmente favorecendo uma aprendizagem potencialmente significativa dos conteúdos de Física.

3.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Desenvolvida por David Paul Ausubel, a Teoria da Aprendizagem Significativa teve sua primeira versão apresentada em 1963, publicada sob o título “*The psychology of Meaningful Verbal Learning*”, trazia a ideia de aprendizagem significativa, que é aquela que decorre de um processo em que novos conhecimentos se relacionam, de forma não arbitrária e substantiva com elementos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Rosa; Darroz, 2022). Nesse sentido, a aquisição e retenção de novos conhecimentos são produto de um processo ativo em que esses novos conhecimentos não são apenas memorizados de forma mecânica, mas se relacionam com elementos já existentes na mente do aprendiz de forma lógica, duradoura, fazendo sentido para quem aprende e considerando o que ele já sabe a variável cognitiva mais importante nesse processo (Ausubel, 2003).

Apesar da aprendizagem significativa produzir conhecimentos com significado, mais estáveis, mais ricos e bem elaborados, não é esse tipo de aprendizagem que geralmente prevalece na escola, mas sim a aprendizagem puramente memorística, sem significado que serve apenas para provas, sendo logo depois facilmente esquecida (Moreira, 2010). Sobre isso, Ausubel acrescenta: “As tarefas de aprendizagem por memorização, como é óbvio, não se levam a cabo num vácuo cognitivo. Podem relacionar-se com a estrutura cognitiva, mas apenas de uma forma arbitrária que não resulta na aquisição de novos significados” (Ausubel, 2003, p.4).

Nesse sentido, de acordo com Rossi et al. (2024), na aprendizagem focada na memorização, os conteúdos são rapidamente esquecidos, pois, esses novos conhecimentos

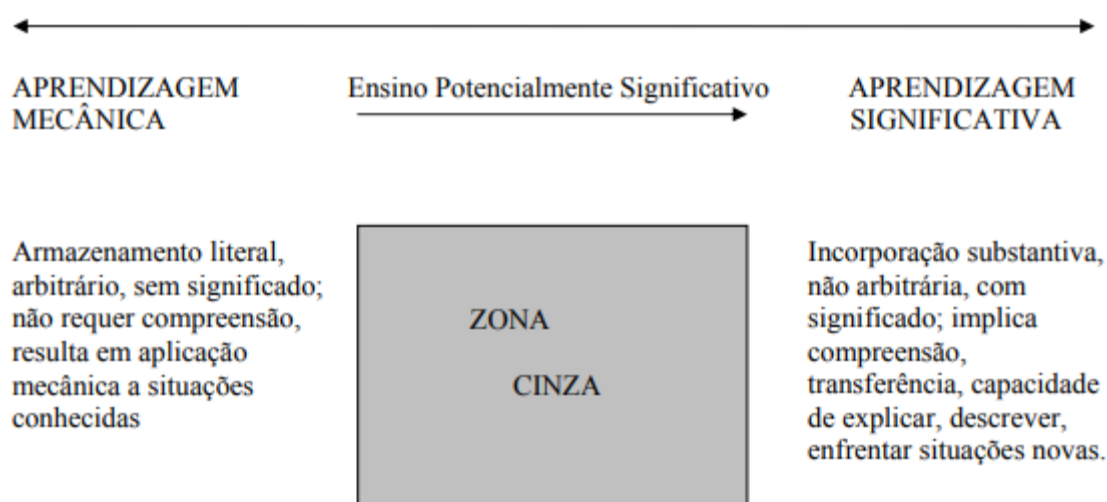
sem significado para o aprendiz não se incorporam à sua estrutura cognitiva, ou seja, relacionam-se de forma superficial impedindo a formação de um conhecimento duradouro e aplicável. Geralmente esse tipo de aprendizagem é passiva, onde o professor foca apenas na transmissão de informações para o aluno e há pouco ou nenhuma contribuição para formação do educando.

No entanto, a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa não constituem em duas coisas separadas, elas são parte de um contínuo. De acordo com Moreira (2017):

Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia, quer dizer, a aprendizagem não é, necessariamente, ou significativa ou mecânica. As duas estão situadas nos extremos de um mesmo contínuo e, na prática, na escola, as aprendizagens situam-se em alguma região desse contínuo (Moreira, 2017, p.44).

Moreira (2010) destaca que entre a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica existe um contínuo, uma zona cinza, como esquematizado na figura 5, e que a passagem de uma para outra não é um processo natural e automático.

Figura 5: Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica.



Fonte: Moreira (2010)

A aprendizagem mecânica pode ser considerada uma forma primitiva de aprendizagem, onde pode haver associações cognitivas, mas nesse caso elas são arbitrárias e literais, como as palavras ou símbolos escolhidos para representar algo. Por exemplo, não há razão para que a palavra “cachorro” seja usada para representar o animal que corresponde a essa palavra, é uma escolha arbitrária. Mas, entender os critérios usados para associar o animal à palavra escolhida e que existem vários tipos diferentes desse animal passa a promover mais relações de significado na estrutura cognitiva e neste caso a aprendizagem mecânica pode ser considerada uma etapa no caminho para aprendizagem significativa (Rosa; Darroz, 2022).

Nesse percurso para a aprendizagem significativa, há uma variável que desempenha um papel essencial: as ideias ou conceitos previamente estabelecidos na estrutura cognitiva dos aprendizes. Sobre isso Moreira (2017) destaca :

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio diria o seguinte: de todos os fatores que influem na aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe, Averique-se isso e ensine-se levando-o em consideração (Moreira, 2017, p.64).

A aprendizagem significativa ocorre quando as ideias prévias relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno interagem com novas ideias. Esses conhecimentos interagem com o que o aluno já sabe para formar novos conhecimentos. Esses conhecimentos relevantes são conhecidos na teoria de Ausubel como **subsunçores** ou **ideias-âncora**, e servem como base para a atribuição de novos significados ao novo conhecimento (Moreira, 2012).

Assim, a nossa mente está então cheia desses elementos, isto é, cheia de ideias-âncoras que interagem entre si como um conjunto dinâmico. Esse conjunto complexo e organizado e suas inter-relações é o que entendemos, no contexto desta teoria, por **estrutura cognitiva** e é por meio dela que interagimos e damos significados a outros conhecimentos. Os elementos que compõem a estrutura cognitiva são os **subsunçores**, que podem ser concepções, constructos, representações, modelos, com diferentes níveis de estabilidade, abrangência e clareza. São conhecimentos prévios especificamente relevantes para aprendizagem significativa de novos conhecimentos (Moreira, 2011).

Essas **ideias-âncora** se modificam à medida que interagem com novos conhecimentos e tornam-se mais elaboradas servindo de base para aquisição de novos conhecimentos. Por exemplo, um aluno que conhece a lei da conservação da energia mecânica

ao resolver problemas que envolvem transferência de energia potencial para energia cinética apenas corrobora o que ele já sabia, tornando seu conhecimento prévio mais claro e estável na estrutura cognitiva. No entanto, se lhe for apresentado a lei da conservação da energia aplicada a fenômenos térmicos (Primeira Lei da Termodinâmica) ele atribui novos significados ao que ele sabe acionando o subsunçor conservação da energia mecânica que ficará cada vez mais diferenciado e estável, modificando-se e assumindo um significado mais geral de lei de conservação da energia (Moreira, 2011).

Esse subsunçor diferenciado e estável agora pode facilitar novas aprendizagens. É basicamente assim que se dá a aprendizagem significativa, no entanto, pode ocorrer também de subsunçores levarem a uma aprendizagem mecânica ou de ideias que, do ponto de vista científico, não são corretas. De acordo com Lemos (2011):

Conforme melhor expressa o termo inglês do conceito, “meaningful learning”, a aprendizagem significativa implica atribuição pessoal de significado para as ideias que são percebidas, processadas e representadas mentalmente. Assim, de acordo com esta Teoria, o significado atribuído pelo sujeito que aprende pode ser ou não correto do ponto de vista científico e também é o sujeito que, de forma consciente ou não, confere importância ao conhecimento ao atribuir-lhe utilidade para sua vida cotidiana (Lemos, 2011).

Assim, podemos aprender de forma significativa ou mecânica, mas isso depende do tipo de interação estabelecida entre os subsunçores e as informações novas e não necessariamente pela importância atribuída ao conhecimento. É possível aprender de forma mecânica conceitos que consideramos importantes quando em nossa estrutura cognitiva não há subsunçores adequados para a aprendizagem dos conceitos. Da mesma forma, podemos aprender de forma significativa conhecimentos que não são corretos do ponto de vista científico (Lemos, 2011). Por exemplo, associar naturalmente o conceito de equilíbrio de forças apenas a algo que esteja em repouso. Do ponto de vista da Física, um corpo em movimento retilíneo e com velocidade constante também está em equilíbrio, pois a soma das forças que agem sobre ele se equilibram.

Dado esse cenário, surge a necessidade de ferramentas pedagógicas que auxiliem na construção de subsunçores adequados, possibilitando uma ancoragem eficaz de novos conhecimentos. Na próxima seção apresentaremos os **organizadores prévios**, que são elementos que podem facilitar a transição da aprendizagem mecânica para a significativa e promover a compreensão mais profunda dos conteúdos.

3.1.1. Organizadores prévios

Já vimos que a ocorrência da aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados para que os novos conhecimentos possam se ancorar e modificar as ideias prévias presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Mas, na falta subsunçores, ou na falta da percepção da relação entre os conhecimentos prévios e novos, pode-se lançar mão de meios para desenvolvê-los. Nesse caso, pode-se recorrer a materiais que organizam a estrutura cognitiva facilitando o estabelecimento de subsunçores capazes de ancorar novos conhecimentos, esses materiais são os **organizadores prévios** (Rosa; Darroz, 2022).

Não há uma definição precisa do que sejam organizadores prévios, e nem poderia existir pois depende de cada caso. Seriam materiais introdutórios apresentados em um nível mais alto de generalidade e inclusividade, formulados de acordo com conhecimentos que o aluno tem, que fariam a ponte cognitiva entre estes conhecimentos e aqueles que o aluno deveria ter para que o material fosse potencialmente significativo (Moreira, 2010, p.20).

Assim, quando o novo conhecimento não encontra conhecimentos anteriores na estrutura cognitiva para se ancorar pode-se usar os organizadores prévios para estabelecer conhecimentos para essa ancoragem. Esses organizadores devem ser apresentados em níveis mais altos de abstração e de forma mais geral em relação ao que será estudado em uma etapa preliminar do processo de ensino. Moreira (2011) cita um exemplo, no contexto da Física, pode-se trabalhar com o conceito de campo gravitacional com uma introdução do conceito de campo a partir do conhecimento cotidiano dos alunos, ou trabalhar com a leitura de um texto introdutório sobre campos, ou qualquer outro material que servisse para uma introdução do conceito de campo em uma perspectiva geral e inclusiva.

Moreira (2011) destaca que o efeito dos organizadores prévios para o aumento da disponibilidade de conhecimentos prévios adequados vem se mostrando pequeno. A solução mais óbvia seria então a construção prévia de subsunçores adequados antes de abordar novos conhecimentos. Algo que o autor considera muito difícil dentro de uma abordagem tradicional de ensino. No entanto, os organizadores prévios podem ajudar muito em outras situações como no caso de o aluno já ter os conhecimentos prévios, mas ter dificuldade, ou não consegue perceber a relacionabilidade e discriminabilidade entre eles os novos que lhe são apresentados.

Pra Moreira (2011):

Retomando um exemplo anterior, ao se introduzir o conceito de campo no Eletromagnetismo é recomendável retomar através de um organizador prévio, que pode ser uma rápida recapitulação, o conceito de campo que os alunos já têm, i.e., o campo gravitacional e chamar atenção para as similaridades e diferenças entre campo na Gravitação e campo no Eletromagnetismo, uma delas é que no primeiro caso a força é sempre atrativa e no segundo pode ser atrativa ou repulsiva (Moreira, 2011, p.21).

Portanto, os organizadores prévios servem de materiais introdutórios que fazem o papel de ponte entre o que o aluno sabe e o conhecimento novo a fim explicitar a relação entre os conhecimentos e facilitar a aprendizagem. Esses materiais ajudam a movimentar a estrutura cognitiva em direção a aprendizagem significativa, ou seja, facilitam a interação entre os subsunçores e o conhecimento novo. Mas entre o que o aluno já sabe e o que ele aprenderá significativamente há um processo, e esse processo ocorre, segundo a teoria de Ausubel, por meio de dois princípios muito importantes: a **diferenciação progressiva** e a **reconciliação integradora** (Moreira, 2011). Veremos na próxima seção como funciona cada um desses processos que organizam e modificam a estrutura cognitiva do aprendiz.

3.1.2. Princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Podemos entender até aqui que a aprendizagem significativa é um processo dinâmico, um movimento de transformação constante de subsunçores interagindo com novas informações e estabelecendo novas ideias que servirão de base para novos aprendizados. Esse processo está relacionado aos princípios da **diferenciação progressiva** e **reconciliação integrativa**. Sobre a diferenciação progressiva Ausubel (2003) destaca:

Quando se programa a matéria de acordo com o princípio de diferenciação progressiva, apresentam-se, em primeiro lugar, as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina e, depois, estas são progressivamente diferenciadas em termos de pormenor e de especificidade. Esta ordem de apresentação corresponde, presumivelmente, à sequência natural de aquisição de consciência cognitiva e de sofisticação, quando os seres humanos estão expostos, de forma espontânea, quer a uma área de conhecimentos completamente desconhecida, quer a um ramo desconhecido de um conjunto de conhecimentos familiar (Ausubel, 2003, p.166).

Em outras palavras, quando estamos expostos a um conjunto de conhecimentos desconhecidos ou com certo grau de familiaridade, a nossa mente segue naturalmente a lógica

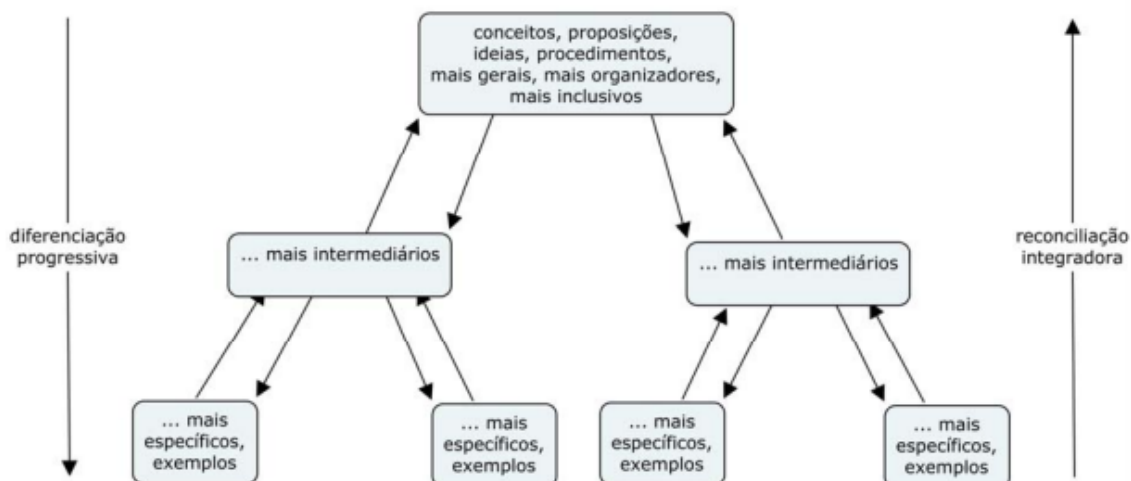
da **diferenciação progressiva**, ou seja, partimos de ideias gerais e inclusivas para depois entender aspectos específicos, diferenciados de um todo, pois é mais difícil apreender primeiro o todo a partir de suas partes diferenciadas. Portanto, a forma com que o indivíduo organiza suas ideias sobre determinada disciplina na sua estrutura cognitiva consiste em uma estrutura hierárquica, onde as ideias mais inclusivas ocupam o vértice de uma estrutura cognitiva e progressivamente vem os conhecimentos mais diferenciados e menos inclusivos (Ausubel, 2003).

A “organização do conteúdo de uma disciplina concreta na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, pouco a pouco, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.” (Ausubel, 1980)

Essa estrutura hierárquica significa que a estrutura cognitiva se organiza inicialmente com conceitos mais gerais para no decorrer do processo de aprendizagem ocorrer a integração de elementos mais específicos que vão se associando ao conceito geral. Então primeiro aprendemos conceitos mais gerais para depois analisar aspectos mais específicos e complexos. Em seguida, ocorre a **reconciliação integrativa**, momento em que os conceitos mais específicos passam a se relacionar a partir de similaridades e diferenças entre os conceitos, esses conhecimentos se ancoram com diversos elementos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e nesses processos essa estrutura se reorganiza e se modifica produzindo novos conhecimentos (Rosa; Darroz, 2022).

A **reconciliação integrativa**, por exemplo, pode ser estabelecida quando fazemos uma análise comparativa dos conceitos força em seus variados contextos (força de atrito, gravitacional, força elétrica, força magnética etc.) ativando subsunçores que vão se relacionar com esses conceitos. Esse processo de análise consiste em identificar semelhanças e diferenças a fim de eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências e integrar significados (Moreira, 2011). Para Moreira (2010), esses processos, no contexto do ensino, são independentes e simultâneos e acontecem intencionalmente com sugere a figura 6.

Figura 6 : Diagrama da dinâmica da diferenciação progressiva e reconciliação integradora na estrutura cognitiva.



Fonte: Moreira(2010)

Para Moreira (2010), ao longo de uma disciplina os conteúdos deveriam ser abordados seguindo esse descer e subir nas hierarquias conceituais, seguindo os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Os conteúdos devem ser inicialmente trabalhados de forma mais geral e inclusiva, mas isso não quer dizer que devam ser apresentados em sua forma final, formal, abstrata e sofisticada matematicamente. Por exemplo, pode-se apresentar os conteúdos centrais de forma mais conceitual e fenomenológica e aos poucos modelando-as matematicamente, indo progressivamente até o nível esperado para determinado contexto de ensino.

Essa abordagem, contudo, só é eficaz quando algumas condições fundamentais para a aprendizagem significativa são atendidas. Mais do que apresentar os conteúdos levando em consideração os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, é necessário garantir que o aprendiz esteja em um ambiente que favoreça a interação de novos conhecimentos com a sua estrutura cognitiva. Na seção seguinte, discutiremos essas condições e os fatores que as tornam indispensáveis para que a aprendizagem significativa se concretize.

3.1.3. Condições para aprendizagem significativa

Já vimos que a aprendizagem significativa ocorre basicamente quando subsunçores presentes na estrutura cognitiva se relacionam de forma não literal e não arbitrária a novos conhecimentos apresentados para o aprendiz. No entanto, há duas condições que são essenciais para que esse processo se estabeleça: um material adequado (**material potencialmente significativo**) e a **disposição do aprendiz para aprender significativamente** (Moreira, 2017).

Com relação a primeira condição, o **material é potencialmente significativo** quando ele é relacionável de maneira lógica e não literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante e quando o aprendiz tem em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados com os quais esse material pode se relacionar (Moreira, 2017). Ainda segundo o autor: É importante enfatizar aqui que o material só pode ser potencialmente significativo, não significativo: não existe livro texto significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, ..., pois o significado está nas pessoas, não nos materiais (Moreira, 2017, p.25). A interação entre novos significados e subsunçores relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos únicos devido à natureza diferente de cada estrutura cognitiva (Ausubel, 2003).

Então, cada aluno atribui um significado aos materiais que lhe são apresentados, e esses podem até não ser os mesmos significados aceitos no contexto da matéria de ensino, podem ser fruto de interpretações pessoais de cada aprendiz. Para que os novos significados estejam de acordo com os aceitos na matéria de ensino deve haver uma negociação constante de significados que pode ser bastante demorada (Moreira, 2017).

Quanto à **disposição do aprendiz para aprender significativamente**, essa condição é um fator fundamental. O aprendiz precisa estar engajado e motivado nesse processo de ensino, caso contrário, a tendência é a aprendizagem do que lhe é ensinado ser puramente mecânica (Rosa; Darroz, 2022). A motivação e engajamento são elementos importantes no processo de aprendizagem, mas a predisposição para aprender significativamente não se trata apenas disso. Para Moreira (2010), essa condição da **predisposição para aprender** significa que o aprendiz deve estar disposto a relacionar, diferenciando e integrando, os novos conhecimentos, de forma não literal e não arbitrária, isto é, de forma que faça sentido lógico para si, a sua estrutura cognitiva prévia. Essa segunda condição é difícil de ser satisfeita, pois depende de uma **estrutura cognitiva preparada** para

a interação com novos significados e uma postura mental do aprendiz de intencionalmente entender e relacionar significativamente os novos conteúdos.

Para Ausubel (2003), os indivíduos podem adquirir informações de forma incidental, mas para uma aprendizagem eficaz da maioria dos tipos de materiais é necessário um esforço intencional do aprendiz, pois a disposição mental e motivações para aprender são estabelecidas pelos objetivos e propósitos do aprendiz. Portanto, se o indivíduo tem interesse na aprendizagem de determinado conteúdo ele pode mais facilmente se sentir motivado e estabelecer uma disposição para aprender facilitando a aprendizagem significativa. Ainda segundo Ausubel (2003), embora a motivação seja um fator que facilita muito a aprendizagem significativa, em situação de aprendizagem limitada e a curto prazo, ela não é indispensável. Porém em situações em que a aprendizagem é constante e a longo prazo esse fator é essencial no domínio de determinada disciplina, pois está relacionada a fatores como concentração, mobilização da atenção e do esforço e tolerância à frustração.

Devido a tal aprendizagem necessitar de um esforço relativamente pequeno, não é tão necessário basear-se em incentivos e motivos existentes no aprendiz, em condições de incentivo e em recompensas extrínsecas, tal como acontece no caso, por exemplo, da aprendizagem por memorização ou na resolução de problemas. Porém, o facto de se impor que a aprendizagem significativa (particularmente de natureza fragmentária e a curto prazo) pode ocorrer na ausência de motivação não nega, obviamente, o facto de que a motivação pode facilitar significativamente a aprendizagem, sempre que esteja presente e operativa (Ausubel, 2003, p.198).

Nesse sentido, a aprendizagem significativa em situação de curto prazo exige menos esforço para acontecer em comparação com outras formas de aprendizagem, como a memorização, sendo então menos dependente de incentivos ou motivações. No entanto, Ausubel ressalta que, embora a motivação não seja indispensável nesse contexto, ela pode tornar a aprendizagem significativa muito mais eficiente quando estiver presente, ou seja, a motivação, quando existe, é um elemento potencializador da aprendizagem significativa.

Dessa forma, aprendizagem significativa mostra-se como um processo que é capaz de ocorrer, em determinadas situações, com baixos níveis de motivação. No entanto, ainda resta saber como esse tipo de aprendizagem se manifesta na prática. Na próxima seção, serão exploradas as evidências da aprendizagem significativa e como podemos avaliar esse processo.

3.1.4. Evidência de aprendizagem significativa

No cotidiano escolar a avaliação é normalmente vista com um enfoque classificatório, para indicar quem aprendeu mais do que os outros, ou se sabe ou não sabe, busca sempre comportamentos finais esperados ao invés de avaliar o processo. Moreira (2017) argumenta que avaliação da aprendizagem significativa implica em um enfoque diferente, deve-se buscar evidências de processo, avaliar a compreensão, captação de significados, capacidade de transferência de conhecimentos a situações não rotineiras. E isso envolve muito mais do que apenas verificar se o aprendiz respondeu certo ou errado, evolve avaliar habilidades de compreensão e capacidade de transferir conhecimentos, resolver problemas em situações diferentes das habituais, e mesmo que não dê a resposta precisamente como se espera, no contexto da disciplina, deve-se avaliar o desenvolvimento dessas habilidades.

Surpreendentemente, nem sempre é fácil demonstrar que ocorreu aprendizagem significativa. A compreensão genuína implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Porém, se alguém tentar testar tais conhecimentos, pedindo aos estudantes que indiquem os atributos de critérios ou os elementos essenciais de um princípio, pode simplesmente fazer com que surjam verbalizações memorizadas. Por conseguinte, os testes de compreensão devem, no mínimo, ser expressos em diferentes linguagens e apresentados num contexto algo diferente do do material de aprendizagem originalmente encontrado (AUSUBEL, 2003, p.130).

A avaliar a ocorrência aprendizagem significativa, muitas vezes, é uma coisa difícil de ser feita, pois exige um olhar atento ao processo como um todo, algo que não é usual no contexto de sala de aula, busca-se sempre um enfoque em comportamentos finais esperados, favorecendo uma aprendizagem mecânica. Para Ausubel, testes de compreensão em linguagens e contextos diferentes do material utilizado podem ser uma boa forma de evitar o favorecimento de aprendizagem mecânica, como por exemplo, pedirem para diferenciar ideias semelhantes ou identificar elementos que identificam conceitos em uma lista de outros conceitos relacionados (Ausubel, 2003).

Todavia, muitas vezes a resolução de problemas independente é a única forma possível de avaliar o processo de aprendizagem significativa, mas nesse caso, é necessário ter

cuidado, pois, se o aluno não conseguir resolver um conjunto de problemas com base no material de instrução, não significa necessariamente que o aprendiz não está compreendendo o conteúdo ou aprendeu mecanicamente, pois a resolução de problemas envolve também outras capacidades como poder de raciocínio, flexibilidade, perseverança etc (AUSUBEL, 2003).

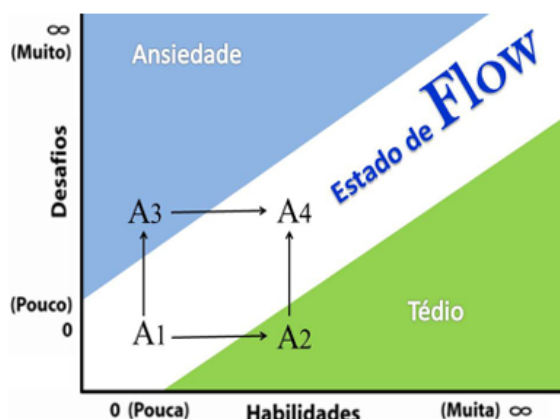
Contudo, Moreira (2017) argumenta que apresentar situações novas, no momento da avaliação somativa, não parece ser a melhor opção, as situações novas devem ser apresentadas progressivamente ao longo do processo para que o aprendiz se habitue a enfrentar situações novas e assim naturalmente incluí-las nas avaliações. Assim, deve-se buscar dar atenção ao processo, especialmente à região de zona cinza onde ocorre grande parte do processo, região na qual também contém o erro. Nesse contexto, é necessário permitir que o aprendiz trabalhe sobre o erro, refaça as tarefas de aprendizagem e externalize o que está aprendendo. Desse modo, avaliar o processo de aprendizagem significativa é uma tarefa desafiadora, pois exige uma postura não usual frente à avaliação de aprendizagem, em vez de buscar o certo e errado, devemos nos preocupar em buscar evidências de ocorrência do processo de aprendizagem significativa.

3.2. GAMIFICAÇÃO

A gamificação aplicada ao contexto educacional é fundamentada em várias teorias e conceitos provenientes de diversas áreas como a Psicologia, a Educação e o *Design* de Jogos aliados ao princípio de agir e pensar como em um jogo, mesmo em um contexto que não seja propriamente de um jogo. De acordo com Pimentel e Oliveira (2020), isso é alcançado ao incorporar mecânicas, dinâmicas e elementos provenientes da experiência de jogar, a finalidade de engajar e motivar os indivíduos. Nesse sentido, o objetivo central é promover a aprendizagem através da interação entre as pessoas, o ambiente e as tecnologias.

A Pimentel e Oliveira (2020) destacam que as perspectivas de desenvolvimento de estratégias de ensino gamificadas variam entre teorias de aprendizagem e teorias psicológicas. Segundo Silva, Sales e Castro (2019) para uma aplicação adequada devemos conhecer pelo menos dois modelos de teorias que servem de fundamento para a gamificação: a **Teoria do *Flow***, criada pelo psicólogo húngaro Mihaly Csikszentmihalyi em 1991, a **Teoria da Autodeterminação** (*Self-Determination Theory*, SDT). Segundo Silva, Sales e Castro (2019) a Teoria do Fluxo ou Teoria do *Flow* tem como objetivo explicar os motivos pelos quais as pessoas se envolvem e se concentram intensamente em determinadas atividades. Em essência, essa teoria busca descrever o estado mental de *Flow*, onde o indivíduo está completamente imerso em uma sensação de foco, profunda concentração, envolvimento e prazer ao participar de uma atividade específica.

Figura 7 : Diagrama esquemático para explicar o estado de *Flow*



Fonte: Silva, Sales e Castro (2019)

Na figura 7 temos um diagrama desenvolvido para explicar o estado de *Flow* e seus estados adjacentes, com 4 alunos (A1, A2, A3 e A4) cada um em uma situação específica do diagrama de acordo com o nível de desafio e habilidades. De acordo com o diagrama, o

estado de *Flow* passa a existir quando o nível do desafio é proporcional às habilidades do indivíduo (faixa central onde , uma das principais características desse estado é o equilíbrio entre desafios enfrentados e habilidades), esse é o caso do A1 e A4. No caso de não haver equilíbrio, temos duas situações possíveis: o estado de tédio ou o estado de ansiedade, na figura 7, encontra-se os alunos A2 e A3 respectivamente. Nesse caso, ambos os estados não permitem que a realização de alguma atividade seja bem-sucedida.

A Teoria da Autodeterminação, segundo Pimentel e Oliveira (2020), permite aos aprendizes assumir o papel de automotivação na sua própria educação. As experiências de aprendizagem, para fomentar motivação intrínseca, envolvem três pontos básicos: a) autonomia, capacidade de regular os próprios comportamentos e agir conforme suas intenções de aprendizagem; b) competência, sentimento de alcançar o domínio de habilidades e confiança para vivenciar experiências com maestria; c) ligação, conexão e interação com os outros (Pimentel e Oliveira, 2020, pág.240). Já na perspectiva de Bussarello (2016), destaca-se dois elementos que contribuem para a motivação do indivíduo, além da motivação intrínseca há a extrínseca. Com relação às motivações intrínsecas elas "são originadas dentro do próprio sujeito e necessariamente não estão baseadas no mundo externo (Bussarello, 2016, pág.54)". Assim o indivíduo, nesse caso, se envolve voluntariamente motivados por questões internas como o prazer de resolver o desafio, curiosidade, entretenimento e possibilidade de desenvolver habilidades novas.

Quanto às motivações extrínsecas, Bussarello (2016) destaca que elas são baseadas em aspectos externos ao sujeito, como por exemplo o desejo de obter uma recompensa externa como reconhecimento social e bens materiais. No entanto, o uso de motivações extrínsecas pode causar efeitos negativos se não forem feitas com cautela. De acordo com Bussarello (2016), certas motivações extrínsecas podem reduzir as motivações intrínsecas fazendo com que o indivíduo perca o interesse na tarefa na ausência de recompensas externas prejudicando a realização da atividade.

Outra teoria que pode ser usada junto a gamificação é a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Essa teoria em conjunto com a gamificação pode promover uma experiência de aprendizagem envolvente, motivadora e que estimule o pensamento crítico e a construção de conhecimento pelos estudantes. De acordo com Moreira (2012), a aprendizagem significativa é aquela em que as ideias prévias e especificamente relevantes presentes na estrutura cognitiva do sujeito interagem com ideias representadas ou transmitidas através de símbolos, ou seja, esses conhecimentos interagem com o que o aprendiz já sabe para formar novos conhecimentos. Esses conhecimentos relevantes à aprendizagem são

conhecidos na teoria de Ausubel como subsunçores ou ideias-âncora, esses conhecimentos são a estrutura base para a atribuição de novos significados ao novo conhecimento.

Nessa perspectiva, Costa e Verdeaux (2016) apontam que a gamificação pode ser usada , com o apoio da teoria de Ausubel, como ferramenta de construção de material didático que pode ser potencialmente significativo, pois, os dois referenciais tem pontos de convergência: a Teoria da Aprendizagem significativa prega a organização sequencial de conteúdos levando em conta o corpo estruturante de cada área e os subsunçores na assimilação e transformação do conhecimento adquirido, da mesma forma, na gamificação, há a estruturação de fases em que cada nível subsequente dependa do conhecimento e habilidades adquiridos na fase anterior, mas neste caso visando a manutenção do estado de *flow*.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Neste capítulo apresentaremos como a sequência didática foi produzida e aplicada em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa e utilização da Gamificação, assim como sua definição, desenvolvimento e recursos utilizados.

4.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Não só na prática docente, mas em todo o processo educacional o planejamento, a execução e a avaliação são elementos interligados e inseparáveis, dessa maneira, o que ocorre em sala de aula não pode ser compreendido de forma isolada, mas sim dentro de um contexto dinâmico que leve em consideração esses elementos (Zabala, 2014). Esse contexto em que estes elementos estão dinamicamente interligados nos serve de modelo de percepção da aula como um sistema integrado, no qual as ações estão continuamente retroalimentadas pela análise da própria prática pedagógica planejada e dos resultados dela possibilitando ajustes no processo de ensino.

Dessa forma, a sequência didática emerge como uma metodologia de trabalho essencial no processo educacional, pois organizam e estruturam as ações pedagógicas, em conexão com o planejamento, execução e avaliação, em função dos objetivos de aprendizagem possibilitando prever ações e intervenções necessárias ao processo de ensino. Nesta pesquisa, utilizamos a definição de Zabala (2014), na qual o autor a define como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de determinados objetivos educacionais com princípio e fim conhecidos por todos os agentes do processo de ensino-aprendizagem. Segundo o autor:

Se examinamos uma das unidades mais elementares que constitui os processos de ensino/aprendizagem e que ao mesmo tempo possui em seu conjunto todas as variáveis que incidem nestes processos, veremos que se trata do que se denomina atividade ou tarefa. Assim, podemos considerar atividades, por exemplo: uma exposição, um debate, uma leitura, uma pesquisa bibliográfica, tomar notas, uma ação motivadora, uma observação, uma aplicação, um exercício, o estudo, etc.(ZABALA, 2014, p.22).

Essas atividades ou tarefas são a unidade básica do processo de ensino-aprendizagem, pois é nelas que se concentram variáveis educacionais relevantes como:

...determinadas relações interativas professor/alunos e alunos/alunos, uma organização grupal, determinados conteúdos de aprendizagem, certos recursos didáticos, uma distribuição do tempo e do espaço, um critério avaliador; tudo isto em torno de determinadas intenções educacionais, mais ou menos explícitas (Zabala, 2014, p.22).

No entanto, o autor destaca que não é possível compreender plenamente a intervenção pedagógica se analisarmos isoladamente cada atividade, pois o valor e impacto desta depende de sua relação com as que a antecedem ou a seguem. Dessa forma, o foco não deve estar apenas nas atividades, mas também na forma como elas interagem e organizam-se dentro do processo educativo (Zabala, 2014).

Para Ugalde e Roweder (2020), a sequência didática enquanto metodologia, organizada em diferentes momentos, contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem por seu caráter dinâmico, que possibilita a sequência de atividades e a socialização dos conhecimentos que os alunos irão utilizar para construir seus argumentos e que a proposta de ensino por meio de sequência didática se bem planejadas são enriquecedoras, pois possibilitam o professor apreender o conhecimento prévio do aluno, seu desempenho, e visualizar o que ainda precisa ser trabalhado para que se concretize a aprendizagem.

Moreira (2011) propõe a construção de sequências de ensino teoricamente fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa, ou seja, sequências didáticas denominadas por ele como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Moreira (2011) ainda define um passo a passo de construção dessas sequências:

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações problema podem

envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após

esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Ao detalhar o passo a passo da construção de UEPS, Moreira (2011) destaca a importância de respeitar os conhecimentos prévios dos alunos, trabalhar com situações-problema, e adotar estratégias pedagógicas que favoreçam a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Esse modelo não apenas organiza o processo de ensino-aprendizagem, mas também direciona a prática pedagógica para resultados que evidenciem a captação de significados e a aplicação do conhecimento. Nesse contexto, as sequências didáticas baseadas na teoria da aprendizagem significativa, aliadas a metodologias ativas como a gamificação, apresentam-se como ferramentas poderosas para o ensino de conceitos fundamentais da Física, como as Leis de Newton.

4.2. DESAFIOS NEWTONIANOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE LEIS DE NEWTON

O produto educacional foi elaborado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e se constitui em uma sequência didática inspirada na unidade de ensino potencialmente significativa proposta por Moreira (2011), mas com a utilização de elementos de jogos, isto é, uso da gamificação, como elemento de potencializador da aprendizagem significativa, no contexto do ensino de Física, especificamente, no ensino de Leis de Newton nos anos finais do ensino fundamental. Nos próximos parágrafos veremos um breve resumo do produto educacional, e seu desenvolvimento com base na fundamentação teórica supracitada.

A elaboração do produto teve como ideia norteadora os objetivos de construção de um material para auxiliar os professores na aplicação de estratégias que ajudem a estimular a **disposição dos estudantes para aprender** e servir de **material potencialmente significativo**. Essas são duas condições fundamentais para que o processo de **aprendizagem significativa** ocorra (Moreira, 2017).

Com relação a sequência didática, sua produção foi **estruturada inicialmente em três etapas**: Elaboração de instrumento de levantamento de conhecimentos prévios, elaboração de sequência de aulas e elaboração de instrumentos de avaliação. Na primeira etapa da estruturação do produto procuramos elaborar um instrumento para levantamento de conhecimentos prévios relevantes a aprendizagem dos conteúdos, na segunda etapa, elaboramos uma sequência de aulas levando em conta princípios básicos da dinâmica do processo de aprendizagem significativa e na terceira etapa, buscamos produzir atividades gamificadas, mas em consonância com a teoria supracitada, para servir de avaliação do processo. Nesse sentido, procuramos em cada uma dessas fases a produção de momentos didáticos em sintonia com a gamificação e os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa, o que resultou em uma **sequência didática com quatro momentos de aplicação**:

Quadro 1: Quadro resumo da sequência didática

MOMENTOS	AULA	ALUNOS	ATIVIDADE	OBSERVAÇÃO
PRIMEIRO	1ª	17	Desafio nº 1: aplicação de questionário	Levantamento de subsunçores relevantes.
SEGUNDO	2ª	12	Aula para introdução dos conceitos das 3 leis de Newton	Introdução de conceitos de forma geral e inclusiva considerando os subsunçores relevantes.
	3ª	11	Desafio nº 2: Atividade gamificada: mapas conceituais	Explicação e liberação da execução da atividade.
TERCEIRO	4ª	11	Aula para desenvolvimento do conteúdo	Desenvolvimento do conteúdo considerando a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa .
	5ª	11	Revisão do conteúdo	Revisão integradora dos conteúdos.
QUARTO	6ª	7	Desafio nº 3: atividade gamificada: Jogo - Serpentes e Escadas	Atividade em níveis progressivos de complexidade e em situações distintas das anteriormente propostas.

Fonte: O autor

O **primeiro momento** de aplicação foi pensado com objetivo apresentação da proposta didática, explicação da sequência de aulas e atividades gamificadas e levantamento de conhecimentos prévios (subsunçores ou ideias âncora), isto é, averiguar o que os alunos já sabem sobre as Leis de Newton. Nesse contexto, em consonância com a teoria de Ausubel (2003), a aplicação do questionário para levantamento de conhecimentos prévios torna-se fundamental para o prosseguimento da sequência, pois para a aprendizagem significativa o conhecimento prévio é a variável cognitiva mais importante e a partir dele é que o processo de aprendizagem significativa se desenvolve.

Em relação às atividades gamificadas, nesse momento, temos a atividade de aplicação do questionário, mas atribuímos a ela elementos de jogos. Nesse contexto, bem como durante toda a sequência didática, o objetivo é usar o princípio de pensar e agir como em jogos incorporando elementos provenientes da experiência de um jogo para estimular o engajamento e motivação intrínseca e extrínseca dos aprendizes (Pimentel;Oliveira, 2020; Busarello, 2016).

Neste primeiro momento, assim como nas outras atividades dos momentos posteriores, atribuímos às mecânicas de : **pontuação, ranking, regras e feedback**. A aplicação da gamificação, aqui, tem o objetivo de estimular o engajamento dos alunos nas atividades propostas. Quanto a pontuação e as regras, em cada atividade foi definido um sistema próprio de pontuação e regras. Já o *feedback* e *ranking* foram apresentados em momentos posteriores às atividades, sendo o primeiro dado, em forma de orientação e dicas, pelo próprio professor a cada grupo e o segundo disponibilizado, por e-mail, por meio de uma planilha criada para mostrar os grupos, a pontuação e classificação.

Todas as atividades foram projetadas para estimular, através da gamificação, um estado mental de **Flow**, ou seja, um estado mental em que os aprendizes se envolvem, se concentram e focam intensamente nas atividades, alcançando um estado de prazer ao participar das atividades (Silva; Sales; Castro, 2019).

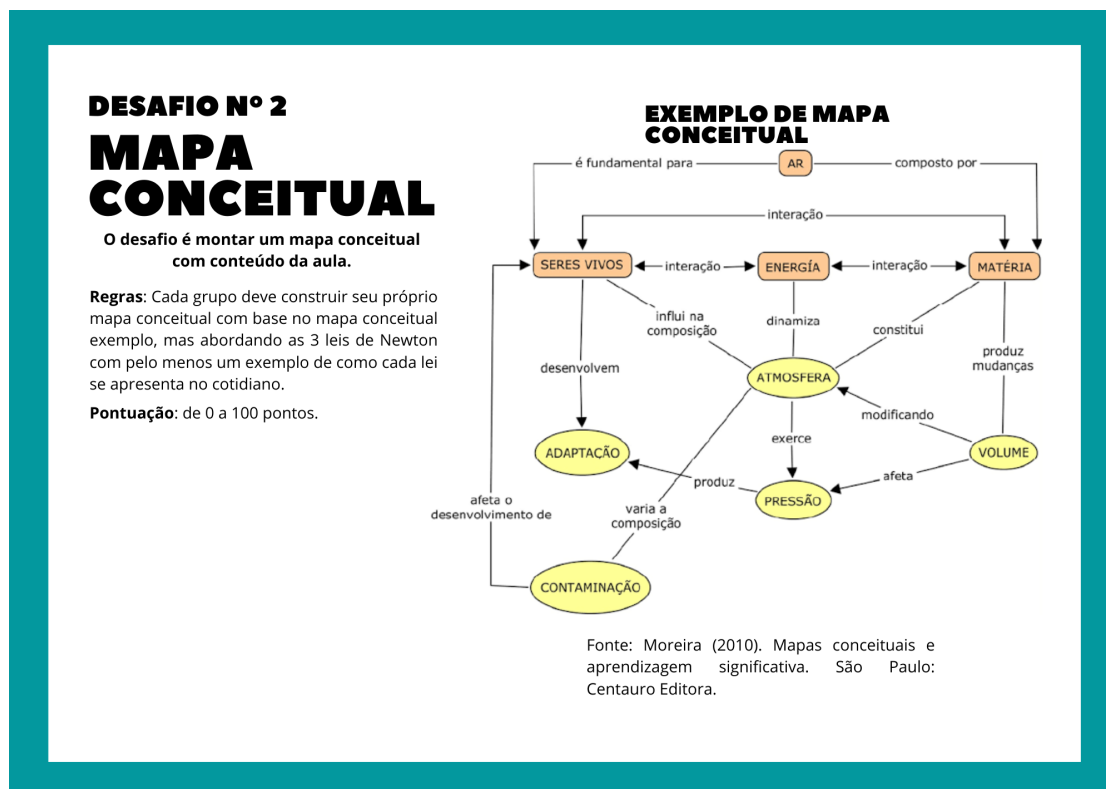
No **segundo momento**, há a preparação dos alunos para apresentação dos novos conhecimentos com um aula introdutória sobre as Leis de Newton utilizando os conhecimentos prévios relevantes presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes, para a aprendizagem desse conteúdo, obtidos através do questionário aplicado no momento anterior.

Esse momento se fundamenta na Teoria de Ausubel, pois consideramos aqui os conhecimentos prévios ou subsunçores com base para aprendizagem de novos conceitos em uma interação seguindo o **princípio da diferenciação progressiva**, no qual apresentamos ideias de forma mais geral e inclusiva e ir progressivamente diferenciando, ou seja, apresentando aspectos mais específicos do assunto (Ausubel, 2003).

Por exemplo, podemos partir das concepções prévias dos alunos a respeito de situações problemas presentes no questionário inicial, como conceitos de inércia, força, força resultante, forças de ação e reação e equilíbrio de forças, relacionando-as com uma visão geral das Leis de Newton. Logo em seguida deve ser feita a diferenciação progressiva dos conteúdos, apresentando outras situações em que podemos relacionar com o conteúdo, discutir outros tipos de forças (força de atrito e gravitacional) ou adicionar progressivamente elementos às situações problema iniciais. Como atividade gamificada, nesse momento, temos

a aplicação de uma atividade de construção de um mapa conceitual sobre o conteúdo apresentado na aula.

Figura 8: Atividade gamificada - Mapa conceitual



Fonte: O autor (2024)

Um mapa conceitual é um diagrama de relações entre os conceitos, dispostos em nível hierárquico com conceitos mais gerais no topo (Moreira, 2017). A aplicação desta atividade tem como objetivo avaliar o que os alunos aprenderam até este momento da sequência, e procurar indícios de uma possível aprendizagem significativa do que foi visto em aula. Nesse sentido, os mapas conceituais se tornam uma ferramenta não tradicional de avaliação, permitindo avaliar a organização conceitual que o aprendiz atribui ao que lhe foi apresentado e mostrar relações significativas entre os conceitos (Moreira, 2017).

No terceiro momento, há o desenvolvimento do conteúdo de ensino, considerando os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os conteúdos são abordados em diferentes perspectivas ou contextos mais específicos para que em seguida seja feita uma síntese relacionando-os por meio de semelhanças ou diferenças entre conceitos a fim de favorecer uma ancoragem entre os conhecimentos e um movimento de organização da estrutura cognitiva do aprendiz em direção a uma possível aprendizagem significativa (Rosa; Darroz, 2022). Nesse sentido, a aula é planejada para seguir com base nas

situações problema propostas no questionário inicial, mas agora abordamos em situações mais específicas:

Quadro 2: Diferenciação de situações problema e conceitos abordados.

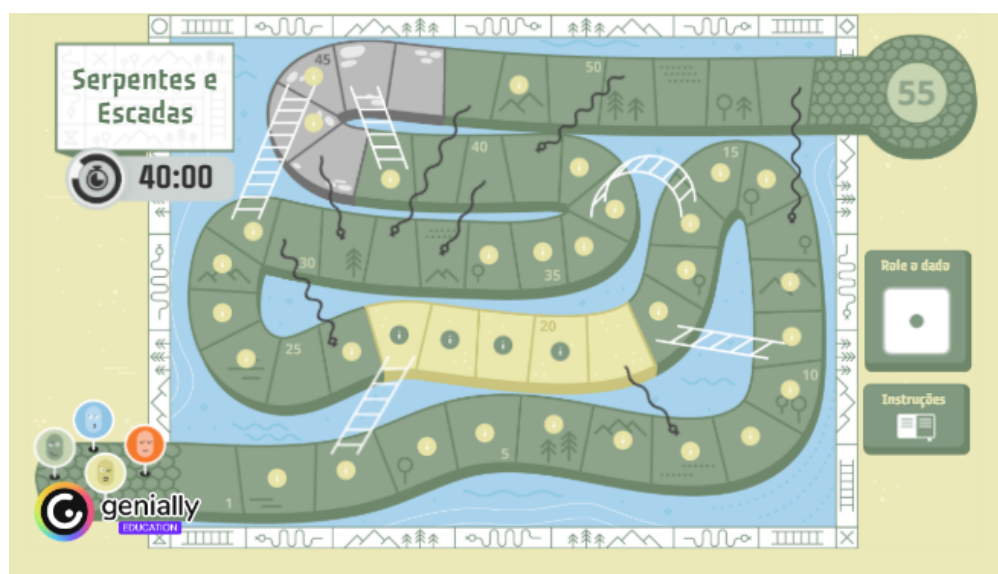
Situações mais gerais		
Um objeto está em um ônibus em movimento que freia bruscamente.	Dois carrinhos de mesma massa: um em repouso e outro em movimento retilíneo com velocidade constante.	Um homem empurra uma caixa contra uma parede.
Situações em diferentes perspectivas ou contextos mais específicos		
Ônibus acelerando rapidamente.	Dois carrinhos, com massas distintas, em movimento com velocidade variável.	Caixa empurrada sobre um piso áspero.
Conceitos envolvidos		
Inércia e primeira Lei de Newton.	Força, massa, aceleração, equilíbrio de forças, Segunda Lei de Newton.	Forças de ação e reação, força de atrito, força peso, Terceira Lei de Newton.

Fonte: O autor (2024)

Quanto à reconciliação integrativa, neste momento é feita uma comparação entre as situações abordadas para identificar semelhanças ou diferenças e elaboração de uma síntese do que foi abordado e em colaboração com os alunos, construir os conceitos de cada uma das três leis de Newton.

No quarto momento, temos a finalização da sequência didática com a aplicação do jogo de tabuleiro denominado “**Serpentes e Escadas**” utilizado como instrumento de avaliação. Esse jogo é disponibilizado em uma plataforma online que permite a criação e edição de conteúdos interativos como jogos, *quizzes*, apresentações, infográficos entre outros. O jogo consiste em um tabuleiro composto por casas numeradas que formam uma trajetória sinuosa.

Figura 9: Tela do jogo Serpentes e Escadas



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no jogo Serpentes e Escadas, versão adaptada pelo autor, plataforma *Genially* (2024).

Nessa atividade, os jogadores avançam conforme os números obtidos em lançamentos de um dado. O jogo inclui **serpentes**, que fazem o jogador retroceder casas, e **escadas**, que permitem avançar. adaptamos esse jogo foi adaptado para fins educacionais, adicionamos às casa problemas relacionados ao conteúdo da aula para que o avanço no jogo dependa também da resolução desses problemas. Os problemas no jogo são propostos em níveis progressivos de complexidade e abordam todo o conteúdo das aulas anteriores.

Esses problemas são questões subjetivas, escondidas entre as casas do jogo, que devem ser respondidas pelos grupos. Essa atividade gamificada pode servir tanto como avaliação somativa como ferramenta complementar de verificação de indícios de aprendizagem significativa dos conteúdos apresentados.

A avaliação da aprendizagem é feita em todo o processo de aplicação da sequência, busca-se avaliar o processo como um todo, pois a avaliação da aprendizagem significativa exige uma postura diferente da tradicional, em que o enfoque é classificatório, busca-se avaliar a compreensão, captação de significados e capacidade de externalizar os conhecimentos, resolver problemas em situações e contextos diferentes, mas com certa similaridade, das situações vistas em aula. Consideramos esses alguns dos indícios de ocorrência de aprendizagem significativa (Moreira, 2017). Nas próximas seções veremos de

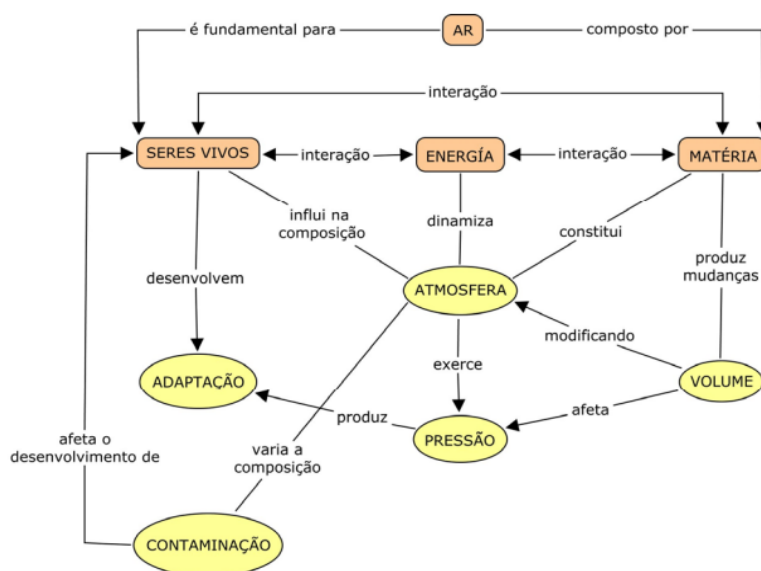
forma mais detalhada cada uma das atividades, recursos utilizados e um relato de como foi na prática a implementação desta sequência didática.

4.3. RECURSOS UTILIZADOS

4.3.1. MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais foram desenvolvidos por Novak em 1972 no decorrer de sua pesquisa em que ele procurou entender e identificar as mudanças no conhecimento de crianças sobre conceitos científicos (Novak; Cañas, 2006). Os mapas conceituais são uma contribuição de Novak com fundamentos na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, mas não são apenas mapas de conceitos, são diagramas de significados, de relações significativas que indicam conceitos, palavras e as relações existentes entre eles em uma hierarquia conceitual (Moreira, 2017).

Figura 10 - Mapa conceitual elaborado pelos professores Hugo Fernandez, Marta Ramirez e Ana Schnersch em uma oficina pedagógica sobre mapas conceituais realizada em Bariloche, Argentina, 1994



Fonte: Moreira (2017)

O mapa da figura 10 representa apenas um entre os vários possíveis mapas conceituais, esses que podem ser construídos de diversas formas diferentes. Os mapas conceituais são ferramentas gráficas usadas para representar o conhecimento, e incluem conceitos, que são geralmente delimitados por figuras geométricas como círculos e retângulos, indicado por linhas ou setas que indicam ligação entre os conceitos. Há também palavras nas linhas, essas são **palavras de ligação**, elas especificam as relações entre os conceitos conectados pelas linhas. As palavras ou símbolos que representam conceitos são chamadas de **rótulos** e as **proposições** são afirmações sobre algo, formadas pela ligação entre dois ou mais conceitos usando palavras ou frases de ligação (Novak, Cañas, 2006).

Por exemplo, podemos ver a formação de uma proposição, no mapa mental da figura 10, na conexão dos rótulos “Atmosfera”, “Contaminação” e “Seres vivos”. A palavra “Atmosfera” se conecta com “Contaminação” por meio de uma linha com o elemento de ligação “varia a composição”, indicando que a atmosfera pode ter sua composição alterada por meio de uma “Contaminação”, mas também temos esse último termo ligado a “Seres vivos” por meio do elemento de ligação “afeta o desenvolvimento” indicando aqui a relação entre contaminação e seres vivos. Portanto, temos a formação de uma proposição **“A atmosfera tendo sua composição alterada por contaminação afeta o desenvolvimento dos seres vivos”**.

Os mapas conceituais também tem como característica a **organização hierárquica** dos conceitos, os conceitos mais gerais e inclusivos ficam no topo do mapa, enquanto os mais específicos e menos gerais ficam abaixo na hierarquia. Essa organização depende do contexto em que o conhecimento mapeado está sendo considerado, portanto, uma forma melhor de construir um mapa conceitual é tomar como referência o problema que buscamos resolver, assim, teremos um contexto e uma organização hierárquica mais adequada à situação escolhida (Novak, Cañas, 2006). Os autores destacam também as **ligações cruzadas**, que “Trata-se de relações ou ligações entre os conceitos em diferentes segmentos ou domínios do mapa conceitual”(Novak, Cañas, 2006, p.2). Essas ligações ajudam a visualizar, no mapa, como um conceito de um determinado domínio de conhecimento está ligado a outro de outro domínio, esse tipo de ligação frequentemente representa um salto criativo por parte de quem está produzindo conhecimento (Novak,Cañas,2006).

Quanto à relação de mapas conceituais com a aprendizagem significativa: “Mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa.”(Moreira, 2017, p.132), pois, na medida em que forem utilizados como recurso de aprendizagem

seguindo princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos eles estarão promovendo esse tipo de aprendizagem.

Como recurso de avaliação, os “*mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento.*”(Moreira, 2017, p.129). Esses mapas revelam informações sobre os significados atribuído, por quem os constroi, aos conceitos e as relações significativas entres eles, é como se pudéssemos, ao avaliar um mapa conceitual, visualizar como aquele conteúdo está organizado na estrutura cognitiva de quem os produziu. Portanto, esses mapas representam atribuições particulares de significado, por parte de quem os produziu (Moreira, 2017). Dessa forma, podemos dizer que os mapas conceituais refletem as relações e organizações entre conceitos em nossa mente.

Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. É mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem (Moreira, 2017, p.129).

Como o mapa revela o ponto de vista do aluno sobre determinado assunto, não devemos nos preocupar em avaliar apenas se o mapa está correto ou não, mas sim se há evidências de aprendizagem significativa (Lorenzetti; Silva, 2018). Portanto, não há um modelo de mapa correto de determinado assunto, há o mapa de cada indivíduo para aquele determinado conteúdo.

Quanto à avaliação da estrutura dos mapas, Novak e Cañas (2010 apud Lorenzetti; Silva, 2018) definem como critérios de avaliação dos mapas conceituais a análise de: **conceitos, proposições, hierarquia, ramificações, ligações cruzadas (*cross links*)**. Há também outras formas de se avaliar mapas conceituais, como apontam Parisoto et al (2016). Essas formas de avaliar partem da análise das proposições de ligação classificando-as em três tipos :

a) implicação local, são originadas de uma observação direta, ou seja, aquilo que pode ser registrado do objeto apenas da observação de seu contexto e de seus atributos. Este tipo de implicação descreve um objeto sem explicá-lo; geralmente, utiliza-se, nesse tipo de implicação, verbos de ligação como “é” e “tem”;

b) implicação sistêmica, na qual as palavras de ligação expressam relação de causa e consequência, mas não explicam tal causalidade;

c) implicações estruturais, as quais fornecem explicações e não descrições.

A última fornece mais indicativos de uma aprendizagem significativa do que as duas primeiras (PARISOTO et al., 2016, p.353)

Esta última classificação parece alinhar-se diretamente aos princípios da aprendizagem significativa, pois as proposições que vão além da descrição ou da relação causal, fornecem explicações que promovem a reconciliação integradora e a diferenciação progressiva.

Lorenzetti e Silva (2018) utilizam em seu artigo, “A utilização dos mapas conceituais no ensino de ciências nos anos iniciais”, uma metodologia de análise baseada em critérios de avaliação adaptados de Novak e Cañas (2010) com contribuições de Kinchin, Hay e Adams (2000 apud Correia; Aguiar, 2017). Os critérios são os de análise de **Conceitos**: Avaliação da quantidade, qualidade e relevância dos conceitos apresentados, verificando sua adequação ao tema trabalhado; **Proposições**: Análise das inter-relações entre conceitos, com foco na clareza semântica e na presença de palavras de ligação adequadas.; **Hierarquia**: Verificação da organização dos conceitos de forma hierárquica, indo do mais geral ao mais específico, como indicador de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa; **Ramificações**: Quantidade e qualidade das conexões entre os conceitos, avaliando a profundidade das relações estabelecidas; **Ligações Cruzadas**: Identificação de conexões significativas entre diferentes segmentos do mapa, representando uma compreensão integrada (Lorenzetti; Silva, 2018).

Esses critérios envolvem tanto características estruturais (forma) quanto semânticas (conteúdo) dos mapas conceituais e nos ajudam a identificar como o aprendiz entende e organiza um determinado conjunto de conhecimentos, ou seja, nos dá evidências de aprendizagem (Lorenzetti; Silva, 2018). O método, portanto, não se limita a atribuir escores, mas busca identificar evidências de aprendizagem significativa por meio da análise qualitativa das conexões, da hierarquia e da clareza das proposições no mapa conceitual.

4.3.2. PLATAFORMA *GENIALLY* : JOGO SERPENTES E ESCADAS

A *Genially* é uma ferramenta na nuvem que permite criar conteúdos interativos e de ensino online. Amplamente utilizada na educação, marketing e comunicação, a plataforma oferece recursos para desenvolver apresentações, jogos, infográficos, mapas interativos, quizzes, entre outros. Um dos diferenciais da *Genially* é sua interface intuitiva e suas opções de personalização, que possibilitam criar materiais dinâmicos e engajadores. Professores podem usar a ferramenta para desenvolver atividades gamificadas e estimular a aprendizagem dos alunos de forma criativa.

Para ter acesso a ferramenta basta entrar no site <https://genially.com/pt-br/>, e na página inicial selecionar, no canto superior direito da tela, o botão *acessar* se você já tiver uma conta no site, caso contrário, deverá criar uma conta na plataforma clicando no botão *cadastre-se*.

Figura 11 - página inicial da plataforma *GENIALLY*.



Fonte: O autor (2024)

A figura 11 mostra a tela inicial do site, no qual podemos ver na parte superior botões para acesso a diversas informações sobre a plataforma. Após fazer uma conta e login na plataforma, temos acesso a uma variedade de modelos prontos para edição e também a possibilidade de criar nosso próprio jogo.

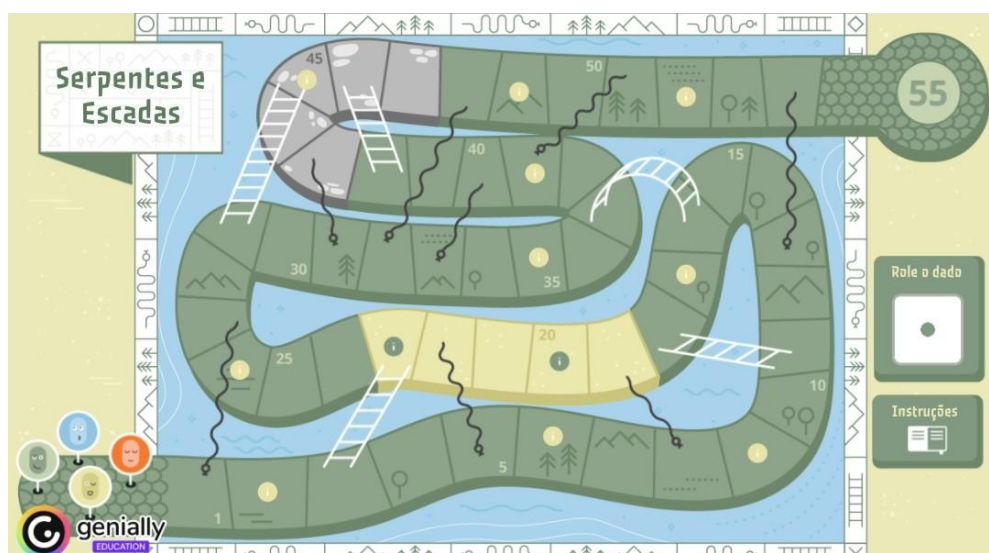
Figura 12 - Plataforma *Genially*, tela de acesso aos modelos prontos de jogos e outros recursos interativos.



Fonte: O autor (2024)

O jogo (figura 13) escolhido para compor uma das atividades da sequência didática foi o *Snakes and Ladders* (Serpentes e Escadas).

Figura 13 - Tela de jogo do Serpentes e Escadas

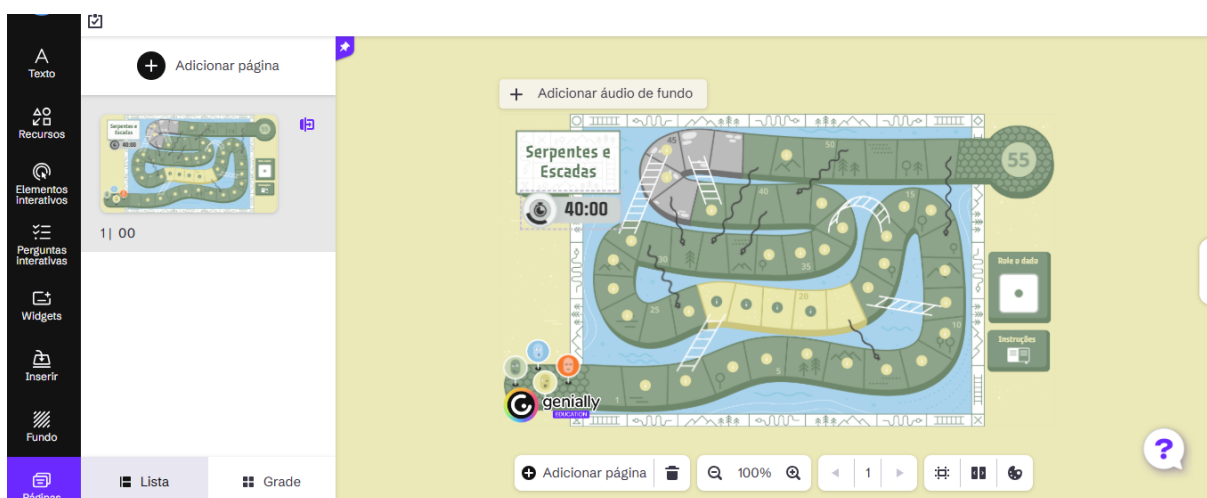


Fonte: o autor (2024)

O **Serpentes e Escadas** é um jogo de tabuleiro composto por casas numeradas que formam uma trajetória sinuosa. Os jogadores avançam conforme os números obtidos em lançamentos de um dado. O jogo inclui **serpentes**, que fazem o jogador retroceder casas, e **escadas**, que permitem avançar, ganha o jogo quem alcançar a casa final.

A plataforma permite a edição dos jogos escolhidos, por meio de uma tela de edição, com a troca de elementos, animações, música de fundo, adição de perguntas interativas, quizzes, videos entre outros elementos.

Figura 14 - Página de edição do jogo *Serpentes e Escadas* na plataforma *Genially*.



Fonte: o autor (2024)

O recurso de edição dá a possibilidade de utilizar, com mais facilidade, o jogo com fins educacionais. Por exemplo, podemos usar as mecânicas do jogo em um contexto educacional inserindo em cada casa do jogo, na qual há uma janela que abre-se ao ser selecionada com o botão esquerdo do mouse, perguntas, videos, imagens ou textos relacionados ao tema da aula. Dessa forma, as atividades de sala de aula ficam gamificadas, e dessa forma podem ser potencialmente mais envolventes para os alunos.

4.4. RELATO DE RESULTADO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto foi aplicado no Centro de Formação Professor Odilon Nunes, no Programa Cidade Olímpica Educacional, pertencente à Secretaria Municipal de Educação de Teresina, no período que compreende os dias 23 de novembro ao dia 14 de dezembro de 2024, aos sábados, em duas aulas de 50 minutos cada, no horário de 8h às 10 h. A turma inicial contava com 17 alunos do 8º ano, do programa de preparação para olimpíada de Química, dos quais 12 participaram efetivamente dos momentos I, II e III e 7 chegaram até o momento IV, em razão de férias e compromissos pessoais.

No **Primeiro Momento** (Aula 1), em uma turma de 17 alunos, iniciamos a aula apresentando a proposta didática e a sequência de quatro desafios (“Desafios Newtonianos” descritos na seção 4.2). Expliquei o uso de questionário para levantamento de conhecimentos prévios, mapas conceituais e, por fim, o jogo “Serpentes e Escadas” como avaliações gamificadas. Logo em seguida, pedi para os alunos formarem grupos. A recepção inicial foi um pouco apática, mas, ao mencionar a competição por equipes e atividades gamificadas, e principalmente o jogo “Serpentes e Escadas”, muitos alunos demonstraram interesse na proposta de sequência didática.

Aplicamos em seguida o primeiro desafio, que consistiu em um questionário para averiguar os conhecimentos prévios dos aprendizes em relação ao conteúdo de Leis de Newton. No final da aplicação pedi para que os alunos dessem um *feedback* sobre a atividade, eles relataram certa dificuldade em responder o questionário somente de questões subjetivas, classificaram-no como “um pouco difícil”.

Assim, em posse das respostas coletadas nos questionários de conhecimentos prévios, seguimos para o planejamento das aulas 2 e 3, **segundo momento** da sequência didática (introdução às Leis de Newton e aplicação da atividade de mapas conceituais), previstas inicialmente para ocorrer no sábado seguinte ao da primeira aula, no dia 30 de novembro. Entretanto, houve uma confusão com os horários, por parte da coordenação da escola, e no mesmo dia e horário da aplicação os alunos foram enviados para a Feira de Engenharia e Tecnologia, organizada pela Universidade Federal do Piauí que ocorreu no Teresina Shopping, e por conta desse desencontro a aplicação desse momento da sequência didática

teve que ser adiado para o sábado seguinte, dia **7 de dezembro**.

Como as atividades dos alunos na escola estavam previstas para encerrar dia 14 de dezembro, tive que unir dois momentos de aplicação no mesmo dia (segundo e terceiro momento), com 3 aulas disponíveis para a aplicação. No **segundo momento** (Aula 2 e 3), contamos com a presença de 12 alunos. A primeira aula foi dedicada a apresentar o conteúdo de forma introdutória, nesta etapa, os alunos demonstraram pouca interação e curiosidade, mas à medida que fomos entrando em aspectos históricos o interesse emergiu em boa parte da turma.

Fizemos uma breve discussão sobre as idéias de Aristóteles a respeito do movimento e evidenciamos uma frase em particular “Cessada as causas do movimento o corpo tende a parar”. Nesse momento, pedi para que os alunos refletissem e dissessem se concordam ou não com a afirmação. Como já era de se esperar, boa parte da turma concordou. Destaquei então que o pensamento de Aristóteles – em que ele associava, necessariamente, a continuidade do movimento com ação de uma força – se assemelhava, em certa medida, com as respostas dos próprios alunos aos questionários e, assim, seguimos com a desconstrução dessa noção equivocada.

Desse modo, avançamos para ideias de inércia, força e movimento apresentando, em seguida, às leis de Newton. Ainda no final da primeira aula, anunciei que faríamos a atividade de **mapas conceituais**, na qual cada grupo foi responsável pela elaboração de um mapa com o conhecimento obtido da aula, reservando 10 minutos para explicar a atividade e usamos toda a segunda aula para orientação e execução da atividade. No entanto, no momento da atividade, um dos alunos teve que sair por motivos pessoais, totalizando **11 alunos** que efetivamente participaram desse momento de aplicação.

Figura 15 - Registros da aplicação da atividade de Mapas Conceituais



Fonte: O autor (2024)

Como podemos ver na figura 15, os que ficaram demonstraram engajamento e foco na atividade, em alguns momentos fizeram perguntas sobre como organizar os conceitos no mapa e sobre a diferença desse tipo de mapa para um mapa mental. Além disso, um dos grupos ficou, de forma espontânea, mais alguns minutos depois da aula para organizar e melhorar a estética de seu mapa conceitual.

Utilizei, no **Terceiro Momento**, ainda com público de 11 alunos, aulas expositivas dialogadas para **relacionar os conhecimentos prévios** levantados nos questionários aos **conhecimentos a serem aprendidos**, acionando os subsunçores em suas estruturas cognitivas e assim refinar as noções sobre as leis de Newton. Para isso, usamos os problemas do questionário inicial e algumas das próprias respostas para construir um novo entendimento a partir do que eles sabiam.

Por exemplo, para o **conceito da Lei da Inércia** selecionamos a situação do problema 1 com as ideias prévias dos alunos e confrontamos com o conceito da **Primeira Lei de Newton**. Seguindo o princípio da **diferenciação progressiva**, modificamos o contexto da situação em questão, colocando o carro repentinamente em movimento acelerado e discutindo o que aconteceria nessa situação.

Seguindo a **reconciliação integrativa**, comparamos as duas situações a fim de construir uma noção geral mais inclusiva da Lei da Inércia. Os alunos trouxeram exemplos do cotidiano e da internet (como um vídeo no qual um homem puxa a toalha de mesa sem derrubar as taças) para discutir a lei da inércia. Percebi um maior engajamento: os alunos faziam perguntas sobre fenômenos reais, favorecendo a **diferenciação progressiva** e a **reconciliação integrativa**. Dessa forma, o mesmo processo se repete para o contexto da Segunda e Terceira Lei de Newton.

O **Quarto Momento** da sequência didática foi destinado a uma avaliação gamificada na forma de um jogo chamado “**Serpentes e Escadas**” nesse momento havíamos planejado utilizar um projetor da escola, já reservado para esta atividade, mas que no dia estava indisponível para o horário da aplicação que já havia sido alterado por conta de um evento de encerramento das atividades e entrega de medalhas a alguns alunos da escola.

Nessa fase da sequência didática, estavam presentes 12 alunos, mas apenas 7 desses participaram efetivamente de todas as etapas da intervenção pedagógica. Neste caso, utilizei

meu próprio notebook e um tablet para iniciar o jogo na plataforma *Genially*, abri o jogo no notebook para incluir os alunos que vieram para essa última etapa, mas não participaram das anteriores. Já o jogo no tablet foi a preferência dos alunos que participaram de todas as atividades, para esta última parcela pedi para que jogassem em turnos um grupo por vez e coletei os registros escritos das resolução das questões para análise futura.

Figura 16 - Alunos interagindo, por meio do tablet, com o jogo Serpentes e Escadas



Fonte: O autor (2024)

Figura 17 - Alunos resolvendo um problema do jogo Serpentes e Escadas



Fonte: O autor (2024)

O jogo consiste em uma trilha na qual há problemas sobre cada lei de Newton escondidas nas casas do tabuleiro. Os jogadores escolhem um *token* que representa a equipe no jogo e devem lançar dados para definir quantas casas podem andar, na casa que o grupo cair pode encontrar problemas, benefício de avançar (escadas) ou penalidade de retroceder (cobras). Nesse contexto, durante o jogo, como podemos ver na figura 16, a interação foi intensa: as equipes discutiam, negociavam respostas. Observei que eles celebravam avanços ou lamentavam retrocessos nas “serpentes”, me atentei também que as explicações tinham linguagem menos informal, e já expressavam noções de inércia, força resultante, aceleração e pares de ação e reação, sinal de uma aprendizagem conceitual em curso.

Em síntese, a aplicação demonstrou que uma sequência gamificada, estruturada segundo os princípios da Aprendizagem Significativa e UEPS (MOREIRA,2011) pode promover avanços reais na compreensão das Leis de Newton, mesmo com restrições de tempo e contexto. A partir dessa experiência, recomenda-se ampliar a janela temporal de aplicação, integrar o produto ao calendário letivo e envolver maior número de alunos em todas as etapas.

5. METODOLOGIA, CAMPO E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Neste capítulo, serão descritos os procedimentos metodológicos adotados na presente pesquisa, que tem como objetivo investigar o impacto de uma sequência didática gamificada, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, para o ensino das Leis de Newton. A escolha pela abordagem qualitativa justifica-se pela necessidade de compreender em profundidade como a implementação dessa proposta pedagógica impacta no processo de aprendizagem em um contexto de sala de aula.

5.1. NATUREZA E ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA

Segundo Nascimento e Sousa (2016), a pesquisa científica pode ser diferenciada quanto à sua natureza, as abordagens metodológicas, objetivos e quantos aos procedimentos. Nessa perspectiva, classificamos esta pesquisa como de **natureza aplicada**. Esse tipo de pesquisa visa a geração de conhecimento para solução de problemas específicos e é dirigida à aplicação prática de conhecimentos em situações particulares (Nascimento; Sousa, 2016). Portanto, esta classificação quanto à sua natureza de pesquisa se justifica, pois esta tem como produto um recurso pedagógico, aplicável no contexto de sala de aula, com a pretensão de ser mais uma proposta de recurso facilitador da aprendizagem.

Quanto à abordagem metodológica, optamos pela pesquisa de abordagem **qualitativa**. Esse tipo de abordagem responde a questões particulares que envolvem uma realidade que não pode ser quantificada, isto é, trabalha com significados, motivações, aspirações, crenças entre outros fenômenos que não podem ser reduzidos a quantificação e manipulação de variáveis (Minayo, 2001). Dessa maneira, esta pesquisa se apoia na abordagem qualitativa, pois buscamos compreender como uma proposta de sequência didática gamificada à luz da aprendizagem significativa pode impactar o processo de aprendizagem, isto é, entender mais profundamente o impacto dessa proposta pedagógica no processo de interação entre o conhecimento prévio dos aprendizes e o novo conhecimento a ser adquirido.

5.2. PROCEDIMENTOS: PESQUISA QUASE-EXPERIMENTAL E SÉRIE TEMPORAL

Quanto aos procedimentos ou técnica de pesquisa, esta pesquisa se enquadra no tipo de **pesquisa quase-experimental**, esse tipo de pesquisa é desenvolvida com bastante rigor metodológico e aproximam-se das pesquisas experimentais embora não apresentem distribuição aleatórias dos sujeitos nem grupos de controle (Gil, 2008). Ainda segundo Gil (2008):

Nesses casos, a comparação entre as condições de tratamento e não tratamento pode ser feita com grupos não equivalentes ou com os mesmos sujeitos antes do tratamento. Naturalmente, perde-se a capacidade de controlar rigorosamente o que ocorre a quem. É possível, no entanto, observar o que ocorre, quando ocorre, a quem ocorre, tornando-se possível, de alguma forma, a análise de relações causa-efeito (Gil, 2008, p.54).

O método quase-experimental é o mais apropriado a determinadas situações em que “*o pesquisador, embora consciente dos procedimentos e instrumentos de que faz uso para coleta usados, está consciente da existência de variáveis sobre as quais tem controle apenas parcial*” (Campbell, 1979 apud Dias, 2018, p.67). Assim, entendemos, pela a própria peculiaridade de cada sujeito envolvido nesta pesquisa, que perde-se naturalmente a capacidade de controle rigoroso do tipo de processo que acontece a um determinado grupo (aprendizagem mecânica ou significativa), pois, todos são submetidos a mesma proposta pedagógica a qual objetiva a aprendizagem significativa. Por outro lado, ganhamos na capacidade de observar melhor o processo, o momento em que ele ocorre e em qual dos sujeitos ele ocorre, a partir da observação e interpretação dos significados expressos pelos aprendizes. Utilizamos então como estratégia de observação e coleta de dados o método quase-experimental com a *Série Temporal*.

[...] A essência do delineamento de série temporal é a presença e um processo periódico de medida de algum grupo ou indivíduo e a introdução de uma mudança experimental na série temporal de medidas, cujos resultados são indicados por uma descontinuidade nas medidas registradas na série temporal. Seu diagrama pode ser este: O1 O2 O3 O4 X O5 O6 O7 O8. (Campbell, 1979 apud Dias, 2018 p.67).

No delineamento descrito, as medidas (O1, O2, O3, O4, O5,..., etc.) representam observações ou registros periódicos realizados sobre um grupo ou indivíduo antes e depois de uma intervenção experimental, indicada pela letra **X**. A essência desse delineamento é observar uma **descontinuidade nas medidas** que ocorra imediatamente após a introdução da

intervenção (X), o que pode ser interpretado, pela análise qualitativa dos dados, como um efeito causado pela mudança experimental.

Desse modo, nesta pesquisa a *Série Temporal* mostra-se apropriada, já que a pesquisa se deu em um contexto de sala de aula no qual observamos um grupo de sujeitos, sem dividi-los em grupo de controle e grupo experimental, em um momento anterior à intervenção X (aplicação da proposta pedagógica), por meio de um questionário de levantamento de conhecimentos prévios, e durante a aplicação, por meio de aulas expositivas fundamentadas nos princípios das UEPS, produção mapas conceituais, e pela proposição de resolução de problemas, no contexto de um jogo de tabuleiro digital (*Serpentes e Escadas*), a fim de identificar, nos mesmos sujeitos, possíveis mudanças em suas estruturas cognitivas a respeito do conteúdo objeto de ensino.

5.3. A PESQUISA-AÇÃO E O ENVOLVIMENTO DO PESQUISADOR

Quanto ao envolvimento do pesquisador e dos pesquisados na pesquisa, esta se enquadra na **pesquisa-ação**, pois, o professor pesquisador ao agir como mediador, em um contexto de sala de aula, associa-se com os sujeitos e interfere no fenômeno pesquisado. Segundo Thiollent (1985, apud Gil, 2008) a pesquisa-ação é definida como:

... é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos do modo cooperativo ou participativo."(Thiollent, 1985 apud Gil, 2008, p.30).

No planejamento e aplicação da sequência didática – *Desafios Newtonianos: sequência didática gamificada à luz da Teoria da Aprendizagem significativa* – há um processo colaborativo que se estabelece na medida em que o professor dedica alguns instantes das aulas para, com os alunos, avaliar e discutir sobre as concepções prévias e dificuldades em relação a aprendizagem do novo conteúdo objetivando o planejamento de ações futuras a serem executadas. Nesse sentido, a pesquisa-ação, no contexto educacional, é uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores, por meio de um processo sistemático de ação e investigação desta, de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar sua própria prática, e em decorrência, o aprendizado de seus alunos (Tripp, 2005). Desse modo, no caminhar da pesquisa, pesquisador e pesquisados se envolvem no processo direcionando-se a uma melhora da prática pedagógica e do aprendizado dos próprios sujeitos da pesquisa.

5.4. CONTEXTO DA PESQUISA

5.4.1. Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada no âmbito do Programa Cidade Olímpica Educacional (COE), uma iniciativa da Secretaria Municipal de Educação de Teresina que tem como objetivo ampliar o desempenho escolar dos alunos da Rede Pública Municipal e prepará-los para as Olimpíadas científicas. O programa, consolidado como política pública em 2014, oferece formação de alto nível para estudantes do 5º ao 8º ano do Ensino Fundamental, selecionados por meio de um processo seletivo que avalia suas habilidades em áreas como Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, Física, Química, Astronomia e Robótica.

As atividades do COE ocorrem no centro de formação Professor Odilon Nunes, localizado na zona Norte de Teresina no estado do Piauí. As aulas são ministradas regularmente aos sábados, das 8h às 12h, permitindo que os estudantes desenvolvam suas habilidades acadêmicas em um espaço estruturado para o ensino de excelência. Dessa forma, o local da pesquisa se caracteriza como um ambiente educacional voltado à valorização do conhecimento e ao estímulo à participação dos alunos em desafios acadêmicos.

5.4.2. Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa são alunos participantes da turma preparatória para a Olimpíada de Química, composta por estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental da Rede Pública Municipal de Teresina. Esses estudantes foram selecionados por meio do processo seletivo do Programa Cidade Olímpica Educacional (COE) e participaram das atividades regularmente aos sábados no Centro de Formação Professor Odilon Nunes (Cefor). No início da pesquisa, a turma contava com 17 alunos, porém, ao longo do processo, nem todos participaram dos 4 momentos propostos, resultando em um total de 7 alunos que, efetivamente, acompanharam todas as etapas da intervenção. Ao longo da pesquisa, buscou-se compreender como a gamificação e os princípios da aprendizagem significativa poderiam favorecer o ensino das leis de Newton, promovendo uma experiência educacional mais engajadora e potencialmente significativa para os alunos.

5.5. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

5.5.1. Questionário

Nesta pesquisa, utilizamos como instrumento de coleta de dados o questionário. Segundo Gil (2008):

Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc (Gil, 2008, p.121).

Nessa perspectiva, elaboramos um conjunto de **questões abertas** a serem aplicadas no início do primeiro momento da sequência didática com o intuito de avaliar os conhecimentos prévios dos aprendizes a fim de determinar um estado inicial, um ponto de partida, da observação do processo de aprendizagem. Para o referido autor, “*Nas questões abertas solicita-se aos respondentes para que ofereçam suas próprias respostas*”(Gil, 2008, p.122). Ainda de acordo com Gil (2008), a resposta a essas questões nos permite obter dados para testar as hipóteses levantadas no planejamento da pesquisa. Desse modo elaboramos outro questionário para ser aplicado, integrado em um jogo (*Serpentes e Escadas*), ao final da sequência didática, objetivando observar, junto aos outros instrumentos de coleta de dados, as possíveis mudanças ocorridas devido à exposição dos aprendizes à proposta pedagógica.

5.5.2. Diário de campo

Um dos instrumentos utilizados para constituição dos dados da pesquisa foi o diário de campo.

O diário de campo é um dos instrumentos mais básicos de registro de dados do pesquisador, inspirado nos trabalhos dos primeiros antropólogos, que ao estudar sociedades distantes utilizavam um caderno, no qual registravam as práticas cotidianas, as viagens, os experimentos (Magalhães; Batista, 2023, p.207).

O diário de campo desempenhou um papel fundamental na coleta de dados desta pesquisa. Durante as intervenções pedagógicas realizadas em sala de aula, o diário de campo foi utilizado para registrar observações sobre a interação dos estudantes com as atividades gamificadas, o andamento da aplicação da sequência didática, suas reações às explicações

teóricas sobre as leis de Newton e a dinâmica dos grupos na construção dos mapas conceituais. Nesse sentido, o diário de campo “possibilita descrever a evolução das situações vividas pelos sujeitos participantes da pesquisa, permitindo caracterizá-las ao longo do trabalho”(Magalhães; Batista, 2023, p.208).

5.6. MÉTODO DE ANÁLISE

Considerando o contexto da pesquisa e os instrumentos de coleta de dados, optamos pela escolha de um **método de análise qualitativa**. Em posse dos dados coletados nos questionários aplicados e mapas conceituais produzidos, organizamos esses dados com objetivo de facilitar o acesso e posterior análise. A análise das informações obtidas tem como objetivo a procura de indícios, com base nos pressupostos teóricos da pesquisa, de ocorrência do processo de aprendizagem significativa. Para a análise dos dados consideramos os dados obtidos dos três desafios propostos aos alunos, comparando-os a fim de avaliar o processo, e não só comportamentos finais.

Para sistematização da análise dos dados coletados na pesquisa, utilizamos como referência análise de conteúdo de Bardin (1977), esse método de análise consiste em um conjunto de técnicas de análise das comunicações, um instrumento de análise que pode assumir diversas formas adaptando-se a um vasto campo de aplicação que são as comunicações. Segundo a autora, método é definido como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 1977, p. 42)

Nesse sentido, o trabalho do analista é como o de um detetive, que por meio de um método sistemático, busca vestígios, no conteúdo de diversos tipos de comunicação, que permitam a inferência, isto é, a dedução lógica de conhecimentos, por exemplo, sobre o emissor da mensagem ou sobre seu meio (Bardin, 1977). A análise de conteúdo é, portanto, um método organizado e objetivo que procura revelar informações importantes sobre o conteúdo por meio de padrões e significados que permitem interpretar como o material de análise pode ser compreendido em determinado contexto.

A análise de conteúdo constitui-se de uma diversidade de tipos de análise. Nesta pesquisa adotamos o **método de análise temática**, pois o que buscamos é compreender os

significados que os aprendizes atribuem ao tema objeto de estudo e sua organização, na estrutura cognitiva dos sujeitos, no decorrer do processo de ensino-aprendizagem. *“Fazer uma análise temática, consiste em descobrir os «núcleos de sentido» que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição podem significar alguma coisa para o objectivo analítico escolhido”*(Bardin, 1977, p.105). Dessa maneira, a análise temática nos possibilita identificar conceitos ou significados principais que emergem a partir das falas, textos ou respostas dos aprendizes sobre o conteúdo ensinado.

Em nossa pesquisa foram coletadas respostas por meio de questionários (Desafio 1), e através do jogo “Serpentes e Escadas” (Desafio 3). A aplicação dos mapas conceituais (Desafio 2) gerou outro tipo de dados, uma construção gráfica composta por palavras, conceitos e elementos de ligação inter relacionados que geram proposições, as quais também serão alvo deste método de análise. Para isso, passamos pelas três fases cronológicas apontadas por Bardin (1977): 1) a pré-análise; 2) exploração do material; 3) tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

5.6.1. A Pré-análise

Esta é a fase inicial da análise, em que se organiza o material a ser estudado com base no referencial teórico. Nessa fase, há a leitura geral do material, que já deverá estar transcrito, e definição dos indicadores que orientarão a interpretação dos dados. Essa etapa serve para organizar sistematicamente as informações para que o pesquisador possa realizar as próximas fases da análise (Silva; Fossá, 2015).

A pré-análise, segundo Bardin (1977) é composta por 4 etapas:

- a) A leitura flutuante
- b) A escolha dos documentos
- c) A formulação de hipóteses e dos objetivos
- d) A referenciação dos índices e a elaboração de indicadores

A **leitura flutuante** é o primeiro contato com o material da coleta de dados, é o momento em que se começa a conhecer o material a ser analisado, “deixando-se invadir por impressões e orientações” (Bardin, 1977, p.96). Assim, após a coleta de dados, fizemos a leitura flutuante do que foi obtido na aplicação da sequência didática, estabelecendo uma primeira percepção a respeito das respostas dos questionários, dos mapas conceituais e observações registradas no diário de campo.

Passamos então para a **escolha dos documentos**. Nesta etapa “O universo de documentos de análise pode ser determinado *a priori*” (Bardin, 1977, p.96). Neste caso, em função do objetivo da pesquisa, os instrumentos de coleta escolhidos nos deram os materiais suscetíveis de fornecer informações relativas à problemática da pesquisa. O objetivo da pesquisa é a proposição de uma sequência didática que favoreça uma aprendizagem potencialmente significativa, e nesse contexto, elaboramos instrumentos de coleta de dados para verificação de indícios de ocorrência de aprendizagem significativa. Em resumo, essa é a fase de organização dos dados com o objetivo de constituir o *corpus* da pesquisa. “O corpus é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (Bardin, 1977, p. 96). Resumimos, no quadro 3, os instrumentos que compuseram o *corpus* desta pesquisa.

Quadro 3 - Instrumentos que compõem o *corpus* da pesquisa

INSTRUMENTOS	MOMENTO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
Registro escrito (Conhecimentos prévios)	I e III	LETRA e Número, r.e , atividade - P e Número	Indicamos as respostas de cada aluno com uma letra maiúscula, representando seu grupo (A, B, C ou D), um número relacionado a quantidade de componentes do grupo seguido do código r.e, do nome da atividade e problema (P1, P2, P3, P4).
Registro gráfico (Mapas Conceituais)	II	LETRA, r.g, atividade	Recolhemos os mapas conceituais feitos em grupo, indicamos cada mapa com uma letra maiúscula, representando o grupo (A, B, C e D), seguido do código r.g.
Registro escrito (Avaliação)	IV	LETRA, r.e, atividade - P e número	Esta etapa foi realizada em grupos. Indicamos as respostas de cada grupo com uma letra maiúscula, representando seu grupo (A, B, C ou D), seguido do código r.e, do nome da atividade e do problema (P1, P2, P3, P4).

Fonte: O autor (2024)

Por exemplo, para fins de organização dos dados, o código **A1, r.e, Conhecimentos prévios - P1**, corresponde a resposta do aluno 1 do grupo A ao problema 1

da atividade “conhecimentos prévios”. O código **A, r.g, Mapa conceitual**, representa o mapa produzido pelo grupo A.

Quanto à etapa **c) formulação das hipóteses e dos objetivos**, ela tem a função de gerar hipóteses a partir da leitura dos dados (Silva; Fossá, 2015). Como já partimos de um problema de pesquisa a ser abordado, nossa hipótese foi estabelecida à *priori*, isto é, deduzida do problema de pesquisa. Nesse contexto, nossa análise caracteriza-se com um procedimento fechado.

Pôr em funcionamento um procedimento fechado, é começar-se a partir de um quadro empírico ou teórico de análise de certos estados psicológicos, psico-sociológicos ou outros, que se tentam particularizar, ou então a propósito dos quais se formularam hipóteses ou se levantaram questões (Bardin, 1997, p.99).

Para a autora, esse método consiste em primeiro reunir os materiais, depois observá-los através de uma determinada perspectiva teórica pré estabelecida que não pode ser modificada (BARDIN, 1997). Nesse contexto, nosso pressuposto é que **uma sequência didática gamificada, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, pode contribuir para o processo de aprendizagem significativa do ensino de Leis de Newton.**

Portanto, o quadro teórico pré estabelecido norteador da análise são: a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) e o conteúdo de Física: Leis de Newton. Assim, o objetivo desta análise, em consonância com o quadro teórico, é a busca de indícios de ocorrência da aprendizagem significativa no processo de aplicação da sequência didática para ensino de Leis de Newton.

Quanto à etapa **d) A referência dos índices e a elaboração de indicadores**, temos aqui a finalidade de elaborar elementos que permitam a interpretação do material coletado (Silva; Fossá, 2015).

d) A referência dos índices e a elaboração de indicadores.- Se se considerarem os textos como uma manifestação contendo índices que a análise vai fazer falar, o trabalho preparatório será o da escolha destes - em função das hipóteses, caso elas estejam determinadas - e sua organização sistemática em indicadores (Bardin, 1997, p.99).

Então, para cada conjunto de dados (Questionário de conhecimentos prévios, Mapa conceitual, Diário de campo e Questionário de avaliação final) identificamos **índices**, que são pistas que revelam algo sobre o tema de interesse, para em seguida organizá-los em **indicadores** que são os critérios para interpretar os dados e validar nossa hipótese. Em síntese, nosso trabalho é identificar como os alunos entendem o conteúdo sobre Leis de Newton em cada momento da aplicação da sequência didática e com base nisso,

posteriormente, inferir se houve ou não indícios de favorecimento do processo de aprendizagem significativa.

Para o primeiro questionário (Conhecimentos prévios), seguimos para uma leitura das respostas obtidas e identificação das pistas (índices) nas respostas dos alunos sobre seu conhecimento inicial do assunto. Consideramos como subsunçores os conceitos de inércia, força e pares de forças de ação e reação. Identificamos, portanto, nas respostas dos alunos, os subsunçores relativos ao conteúdo abordado, pois, esses são fundamentais para o processo de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

No nosso contexto, optamos por utilizar o critério de ausência ou presença de subsunçores relevantes na aprendizagem do conteúdo abordado em aula. Por exemplo, consideramos que a presença de menções explícitas ou implícitas à primeira lei de Newton, ao conceito de inércia ou tentativas de explicação, parcialmente corretas, no problema 1 do questionário de conhecimentos prévios (Desafio 1), são indicadores de **presença subsunçores** (conhecimentos prévios) adequados ao conceito de inércia. E consideramos a **ausência de subsunçores**, o caso de expressão de conceitos inadequados ou explicações confusas. O quadro 4 a seguir representa os indicadores estabelecidos a partir da leitura das respostas dos alunos:

Quadro 4 - Resumo da elaboração de indicadores de presença ou ausência de subsunçores relevantes para aprendizagem das leis de Newton

SUBSUNÇOR	Primeira Lei de Newton	Conceito de Inércia	Ausente	Inadequado ou confuso
			Presente	Adequado
				Parcialmente adequado
	Segunda Lei de Newton	Relação entre força, força resultante e movimento	Ausente	Inadequado ou confuso
			Presente	Parcialmente adequado
	Terceira Lei de Newton	Noção sobre Ação e Reação.	Ausente	Inadequado ou confuso
			Presente	Parcialmente adequado

Fonte: O autor (2024)

Podemos agora definir regras de recorte do conteúdo, uma **codificação**, que segundo Bardin (1977), corresponde a uma transformação dos dados brutos por recorte, agregação e enumeração seguindo regras precisas que permitem obter uma representação do conteúdo e de suas características. Essa codificação consiste em, basicamente, escolher **unidades de registro e unidades de contexto**:

a) A unidade de registo.- É a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial. A unidade de registo pode ser de natureza e de dimensões muito variáveis. Reina uma certa ambiguidade no concernente aos critérios de distinção das unidades de registo. Efectivamente, executam-se certos recortes a nível semântico, o «tema», por exemplo, enquanto que outros se efetuam a um nível aparentemente linguístico, como por exemplo, a «palavra» ou a «frase»... (Bardin, 1977, p.104).

Escolhemos o tema como unidade de registo pois, “O tema, enquanto unidade de registo, corresponde a uma regra de recorte (do sentido e não da forma) ...”(Bardin, 1977, p.105) e nesse sentido, buscamos usar como critério de recorte trechos, resumidos, em que os alunos expressam algo sobre o conteúdo das leis de Newton, mesmo que incompleto. Por exemplo, para o Desafio 1 - problema 1, escolhemos como unidade de registo trechos da resposta dos alunos que estão relacionados a ideia de inércia. Quanto às unidades de contexto:

b) A unidade de contexto.- A unidade de contexto serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registo e corresponde ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registo) são óptimas para que se possa compreender a significação exacta da unidade de registo. Isto pode, por exemplo, ser a frase para a palavra e o parágrafo para o tema (Bardin, 1977, p.104).

Como unidade de contexto definimos o conteúdo completo dos problemas e das respostas em que estão presentes menções diretas ou indiretas, ou tentativas de explicação, relacionadas às leis de Newton. O quadro 5 mostra um exemplo de unidades de registo e contexto escolhidas.

Quadro 5 - Unidade de registro e de contexto para o Desafio 1 - Conhecimentos prévios

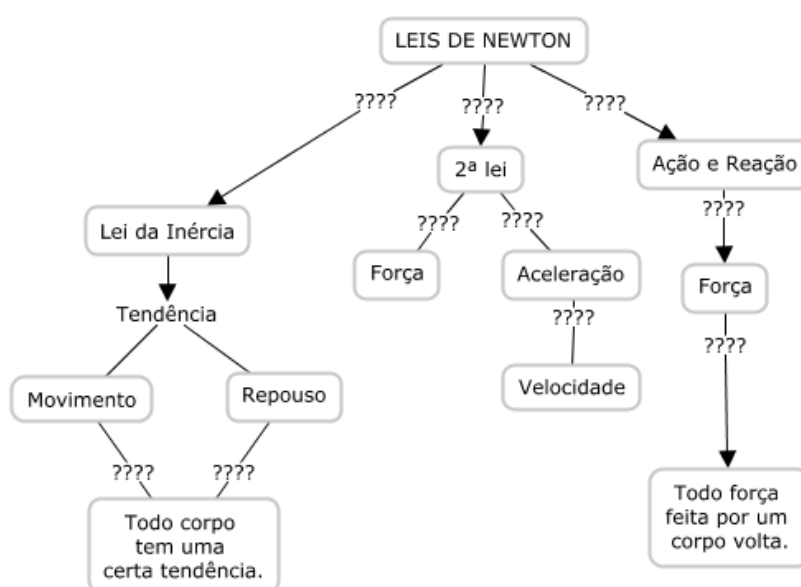
SUBSUNÇOR RELACIONADO AO CONCEITO DE INÉRCIA		
GRUPO	UNIDADE DE REGISTRO	UNIDADE DE CONTEXTO
A	A1 e A2, r.e “... não pode acompanhar o movimento...”	Conhecimentos prévios - P1

Fonte: o autor (2024)

O agrupamento dos dados em categorias é apresentado na parte de exploração do material, **seção 5.4.2**. Nessa parte faremos o agrupamento das unidades de registro nas categorias definidas com base nos índices estabelecidos.

Para a atividade **Mapas conceituais (Desafio 2)**, utilizamos o *CmapTools*, que é um *software* criado para confecção de mapas conceituais de forma gratuita, utilizamos o *CmapTools* para facilitar a visualização dos mapas produzidos manualmente pelos alunos. A figura 18 representa um exemplo de mapa conceitual, reproduzido no *CmapTools*, feitos por um dos grupos participantes da pesquisa.

Figura 18 - mapa conceitual produzido pelo grupo A



Fonte: O autor (2024)

Para análise dos mapas conceituais recorremos a uma metodologia baseada na utilizada por Lorenzetti e Silva (2018) citada na **seção 4.3.1**. A seguir, apresentamos a metodologia que usamos, adaptada ao nosso contexto de pesquisa, para analisar mapas conceituais produzidos pelos alunos, inspirada no método anteriormente citado. O objetivo aqui não é a atribuição de pontos, mas identificar **evidências de aprendizagem significativa** por meio de análise qualitativa dos conceitos, das conexões, da hierarquia e da clareza das proposições no mapa conceitual. A avaliação dos mapas contempla 5 dimensões principais: **conceitos, proposições, hierarquia, ramificações e ligações cruzadas**. A seguir, detalhamos cada dimensão e procedimento de análise.

Quanto à análise na dimensão dos **conceitos**, quadro 6, o que avaliamos é a qualidade e relevância desses, isto é, se os conceitos expostos no mapa conceitual estão de acordo com o que é aceito do ponto de vista científico, além disso, buscamos observar se esses são realmente pertinentes ao assunto trabalhado em sala de aula.

Quadro 6 - Quadro de análise de conceitos nos mapas conceituais

ANÁLISE NA DIMENSÃO DOS CONCEITOS		
INDICADOR DE APRENDIZAGEM	Qualidade e Relevância	Uso adequado de termos relacionados ao tema (Lorenzetti; Silva, 2018).

Fonte: O autor (2024)

Em relação à análise da dimensão das **proposições**, quadro 7, avaliamos como indicadores de aprendizagem a clareza da proposição, ou seja, se as frases fazem sentido e expressam corretamente a relação entre os conceitos. Avaliamos também se as palavras de ligação estabelecem um vínculo apropriado entre os conceitos, sendo a presença de diferentes tipos de conexão um indicativo de compreensão mais ampla.

Quadro 7 - Quadro de análise de conceitos nos mapas conceituais

ANÁLISE NA DIMENSÃO DAS PROPOSIÇÕES		
INDICADOR DE APRENDIZAGEM	CLAREZA DA PROPOSIÇÃO	Sentenças claras e corretas com a presença de vínculos apropriados entre os conceitos (Lorenzetti; Silva, 2018).

Fonte: O autor (2024)

Quanto à dimensão da hierarquia, o que avaliamos é como os conceitos estão organizados, se essa organização está de acordo com os **princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**, isto é, se a ordem e as conexões evidenciam os níveis de generalidade das proposições ou conceitos. Os conceitos mais específicos devem estar em níveis inferiores do mapa conceitual e os mais gerais no topo.

Quadro 8 - Quadro de análise de conceitos nos mapas conceituais

ANÁLISE NA DIMENSÃO DA HIERARQUIA		
INDICADORES DE APRENDIZAGEM	DIFERENCIAÇÃO	Conceitos mais específicos em níveis inferiores do mapa e clareza na diferenciação dos conceitos (Novak, Cañas, 2006).
	RECONCILIAÇÃO	Estrutura que facilita a compreensão de como os conceitos se conectam (Novak, Cañas, 2006).

Fonte: O autor (2024)

Na dimensão das **ramificações**, quadro 9, a análise segue com a identificação de ramos que estejam relacionados de maneira lógica ao conceito de origem e levem a diferentes níveis de detalhamento como indicativo de capacidade de aprofundamento dos conceitos.

Quadro 9 - Quadro de análise de conceitos nos mapas conceituais

ANÁLISE NA DIMENSÃO DAS RAMIFICAÇÕES		
INDICADORES DE APRENDIZAGEM	PROFUNDIDADE	Presença de ramificações que estão relacionadas de maneira lógica ao conceito principal, indicando uma capacidade de aprofundamento dos conceitos (Lorenzetti; Silva, 2018).

Fonte: O autor (2024)

Em relação a análise na **dimensão das ligações cruzadas**, buscamos perceber, por meio da análise dos mapas conceituais, se há ligações de conceitos ou proposições em ramos distintos no mapa e se essas ligações integram conceitos estabelecendo relações entre eles.

Quadro 10 - Quadro de análise de conceitos nos mapas conceituais

ANÁLISE NA DIMENSÃO DAS LIGAÇÕES CRUZADAS		
INDICADORES DE APRENDIZAGEM	LIGAÇÕES NÃO LINEARES	Presença de conexões em ramos distintos do mapa (Novak, Cañas, 2006 e Lorenzetti; Silva, 2018).
	INTEGRAÇÃO	Ligações não superficiais, ou seja, conexões que representam sínteses e relacionamentos entre conceitos (Novak, Cañas, 2006 e Lorenzetti; Silva, 2018).

Fonte: O autor (2024)

Assim, feito o procedimento de pré-análise de todo material, partimos para a próxima fase da análise : a exploração do material.

Para o **Desafio 3 - Serpentes e Escadas**, seguimos o mesmo procedimento e avaliamos os subsunçores possivelmente modificados pela exposição dos aprendizes a proposta pedagógica da sequência didática. Esses conhecimentos são modificados pela incorporação de novos conhecimentos, tornando-os mais diferenciados, claros e estáveis na estrutura cognitiva dos alunos. Em relação à **clareza conceitual** : um conceito “claro” é aquele em que o aprendiz consegue externalizar de forma precisa, mais organizada e livre de ambiguidades (Moreira, 2011).

Quanto a **diferenciação**, ela indica como um determinado conhecimento está hierarquicamente organizado na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, se ele progride de uma ideia geral para uma mais específica e detalhada, além de conseguir aplicar determinado conhecimento a contextos mais específicos, isto é, diferentes do que ele normalmente viu (Moreira, 2011). Dessa forma nessa etapa consideramos como indícios de aprendizagem significativa a clareza e a diferenciação dos conhecimentos internalizados pelos alunos na atividade proposta.

Quadro 11 - Quadro resumo dos critérios de análise dos dados do *Desafio 3 - Serpentes e Escadas*

SUBSUNÇOR	Primeira Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Argumentos bem organizados e com utilização correta e consistente.
		Diferenciação	Capacidade de utilização do conhecimento em diferentes contextos e compreensão progressivamente mais detalhada do conteúdo.
	Segunda Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Argumentos bem organizados e com utilização correta e consistente.
		Diferenciação	Capacidade de utilização do conhecimento em diferentes contextos e compreensão progressivamente mais detalhada do conteúdo..
	Terceira Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Argumentos bem organizados e com utilização correta e consistente.
		Diferenciação	Capacidade de utilização do conhecimento em diferentes contextos e compreensão progressivamente mais detalhada do conteúdo.

Fonte: O autor (2025)

5.6.2. Exploração do material

Se as diferentes operações da pré-análise foram convenientemente concluídas, a fase de análise propriamente dita não é mais do que a administração sistemática das decisões tomadas. Quer se trate de procedimentos aplicados manualmente ou de operações efectuadas pelo ordenador, o decorrer do programa completa-se mecanicamente (Bardin, 1977, p.101).

Dessa forma, nesta etapa voltamos para uma leitura mais aprofundada do material para fazermos o recorte das unidades de registro e contexto, e agrupá-las em categorias de análise. Para análise dos dados do **Desafio 1 - conhecimentos prévios**, temos com exemplo o quadro 12 a seguir:

Quadro 12 - Quadro de análise dos dados da atividade Desafio 1 - Conhecimentos prévios, grupo A.

GRUPO A				
SUBSUNÇOR	CATEGORIA		UNIDADES DE REGISTRO	UNIDADES DE CONTEXTO
Inércia	Ausente	Inadequado	r.e	Conhecimentos prévios - P1
			r.e	
	Presente	Adequado	r.e	
		Parcialmente adequado	r.e	
Relação entre força, força resultante e movimento	Ausente	Inadequado	r.e	Conhecimentos prévios - P2 e P3
	Presente	Adequado	r.e	
		Parcialmente adequado	r.e	
Noção sobre Ação e Reação.	Ausente	Inadequado	r.e	Conhecimentos prévios - P4
	Presente	Adequado	r.e	
		Parcialmente adequado	r.e	

Fonte: o autor (2024)

Esse quadro serve de norteador para a análise dos dados da primeira atividade e nos ajuda a avaliar como os conhecimentos prévios relevantes para aprendizagem das leis de Newton manifestam-se através das respostas do problema 1 da atividade *Desafio 1 - Conhecimentos prévios*.

Neste caso, avaliamos os conhecimentos dos aprendizes, a respeito dos conteúdos das 3 leis de Newton, em relação a sua clareza de exposição, e o quanto a capacidade de diferenciação desses.

Quadro 13 - Quadro de análise dos dados da atividade
Desafio 3 - Serpentes e Escadas grupo A,B e D.

SUBSUNÇOR	CATEGORIAS		UNIDADE DE REGISTRO	UNIDADE DE CONTEXTO
	Primeira Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Respostas escritas (r.e) dos grupos A, B e D	Serpentes e Escadas - P2 e P3
		Diferenciação		
	Segunda Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Respostas escritas (r.e) dos grupos A, B e D	Serpentes e Escadas - P1 e P2
		Diferenciação		
	Terceira Lei de Newton	Clareza no uso e definição do conhecimento	Respostas escritas (r.e) dos grupos A, B e D	Serpentes e Escadas - P4 e P5
		Diferenciação		

Fonte: O autor (2025)

5.6.3. Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação

A terceira fase compreende o tratamento dos resultados, inferência e interpretação, consiste em captar os conteúdos manifestos e latentes contidos em todo o material coletado (entrevistas, documentos e observação). A análise comparativa é realizada através da justaposição das diversas categorias existentes em cada análise, ressaltando os aspectos considerados semelhantes e os que foram concebidos como diferentes (Silva; Fossá, 2015, p.4).

Nesse sentido, essa fase é fundamental para compreender não apenas o que é dito ou escrito, mas também o que está nas entrelinhas e como essas ideias se relacionam ou divergem entre si.

Nessa fase é que utilizamos as categorias que surgem da pré-análise dos dados para analisá-los com mais profundidade e construir uma interpretação mais rica e contextualizada. Portanto, nessa pesquisa, essa fase nada mais é do que a análise e discussão dos dados coletados em consonância com a fundamentação teórica da pesquisa. Os resultados e discussões a respeito de cada grupo de dados serão apresentados no capítulo seguinte.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise integrada dos dados coletados a partir dos instrumentos de coleta – questionário de conhecimentos prévios, mapas conceituais e o jogo “Serpentes e Escadas” – utilizados para investigar os indícios de aprendizagem significativa no ensino das Leis de Newton. A triangulação entre esses instrumentos permite uma compreensão mais rica dos processos cognitivos dos alunos, evidenciando como os subsunçores (conceitos centrais como inércia, força e pares de ação-reação) são expressos e organizados em cada atividade.

Os resultados na investigação da aplicação da sequência didática proposta são apresentados e discutidos nesta seção. Da análise qualitativa dos dados coletados, foram identificados subsunçores nos conhecimentos prévios dos alunos. Outrossim, também foi possível avaliar que as estratégias pedagógicas propostas contribuíram para o processo de aprendizagem durante a aplicação da proposta

6.1. ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A aplicação do questionário de conhecimentos prévios visou identificar o estado inicial dos aprendizes em relação aos conceitos fundamentais presentes nas Leis de Newton. Este questionário foi elaborado com o intuito de identificar a existência e a qualidade dos subsunçores relacionados aos conceitos fundamentais presentes nas Leis de Newton, tais como, inércia, noção de força, relação entre força resultante e movimento e noção sobre ação e reação, como descrito na subseção [5.6.1](#).

A análise destes resultados constitui um dos pilares para a compreensão das ancoragens cognitivas sobre as quais se pretende operar a intervenção pedagógica proposta. Esses subsunçores, segundo Ausubel (2003), funcionam como “ideias-âncora”, servindo de base para a aprendizagem de novos conhecimentos quando estes se relacionam de maneira não arbitrária com o conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva dos aprendizes (Moreira, 2012).

6.1.1. Análise das respostas do Grupo A

O Quadro 14 resume a categorização das respostas do Grupo A em relação aos subsunçores que, no nosso contexto de ensino, consideramos relevantes para o aprendizado das Leis de Newton: inércia, noção de força, relação entre força resultante e movimento e noções de forças de ação e reação.

Quadro 14 - Quadro de análise dos dados da atividade Desafio 1 - Conhecimentos prévios, grupo A.

GRUPO A				
SUBSUNÇOR	CATEGORIA		UNIDADES DE REGISTRO	UNIDADES DE CONTEXTO
Inércia	Ausente	Inadequado	A1, A2, r.e ¹	Conhecimentos prévios - P1
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	
Noção de força	Ausente	Inadequado	A1, r.e	Conhecimentos prévios - P2 e P3
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	A2, r.e	
Relação entre força resultante e movimento	Ausente	Inadequado	A1, A2, r.e	
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	
Noção sobre Ação e Reação.	Ausente	Inadequado	-	Conhecimentos prévios - P4
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	A1, A2, r.e	

Fonte: o autor (2024)

¹ Registro escrito das respostas dos alunos.

Conforme definido na metodologia, cada subsunçor foi classificado como **ausente**, caso esteja expresso de forma confusa, ou ainda, que não estejam de acordo com o que é aceito do ponto de vista científico. O indicador de **presença** do subsunçor foi dividido em adequado ou parcialmente adequado, considerando a coerência conceitual e a clareza na expressão dos aprendizes.

1. Subsunçor Inércia

Ausente (inadequado) em A1, A2.

As respostas indicaram que os aprendizes do grupo A, no problema 1 ([Apêndice A](#)) reconhecem que “*o corpo não pode acompanhar o movimento*”, porém não mencionam qual o movimento e não relacionaram esse fenômeno diretamente a um conceito físico como o de inércia. A explicação não aborda a resistência natural que o corpo possui a mudanças de estado de movimento ou repouso, característica essencial para se identificar o subsunçor inércia.

2. Noção de Força

Presente (parcialmente adequado) em A1, A2.

Os aprendizes apresentam algum entendimento de força como “uma pressão exercida” ou “capacidade de mudança do corpo”. Embora não seja uma definição inteiramente formal, há um indício de que eles compreendem a força como agente de alteração de movimento. Ainda assim, a explicação carece de aprofundamento na relação entre força, massa e aceleração, o que poderia caracterizar a Segunda Lei de Newton de maneira mais completa.

3. Relação entre Força Resultante e Movimento

Presente (adequado) em A1, parcial em A2.

No caso de A1, a resposta indica que “a força resultante seria a soma de todas as forças que agem sobre um objeto, podendo ser zero ou não nula”. Essa definição se aproxima de uma formulação correta, apontando para um conhecimento prévio que pode ser refinado. Enquanto que em A2, a explicação menciona “força resultante é a massa do objeto e a aceleração resultante”, o que sugere confusão entre conceitos (mistura de massa com força e

aceleração sem clareza). No entanto, ainda em A2, a resposta “Se a força resultante for diferente de zero o objeto começa a se mover na direção da força aplicada.” É indício de que há uma noção parcial da relação entre força resultante e movimento.

4. Noção sobre Ação e Reação

Ausente (inadequado) em A1, A2.

As respostas de A1 e A2 não fazem menção clara ao par de forças de ação e reação, nem ao fato de que essas forças atuam em corpos diferentes com mesma intensidade e sentidos opostos, no entanto, A1 consegue identificar corretamente as forças presentes na situação em questão, A1, r.e : “*Força do homem, Força Normal do chão, Força da parede, Força peso.*”, por outro lado A2 identifica apenas 2 forças. Assim, mesmo com a falta de referência direta a pares de ação e reação, essas respostas mostram que esse subsunçor se encontra parcialmente adequado na estrutura cognitiva dos aprendizes, pois, podemos usá-lo para identificar os pares ação e reação.

6.1.2. Análise das respostas do Grupo B

A seguir, temos o quadro 15, nele temos a categorização das respostas (Desafio 1) dos alunos do grupo B em relação aos subsunçores relevantes na compreensão das Leis de Newton.

Quadro 15 - Quadro de análise dos dados da atividade Desafio 1 - Conhecimentos prévios, grupo B.

GRUPO B				
SUBSUNÇOR	CATEGORIA		UNIDADES DE REGISTRO	UNIDADES DE CONTEXTO
Inércia	Ausente	Inadequado	-	Conhecimentos prévios - P1
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	B1, B2, B3, r.e	
Noção de força	Ausente	Inadequado	B1, B3, r.e	Conhecimentos

	Presente	Adequado	-	prévios - P2 e P3
		Parcialmente adequado	B2, r.e	
Relação entre força resultante e movimento	Ausente	Inadequado	B1, B2, B3, r.e	
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	
Noção sobre Ação e Reação.	Ausente	Inadequado	B1, B2, B3, r.e	Conhecimentos prévios - P4
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	

Fonte: o autor (2024)

1. Inércia

Presente (parcialmente adequado) em B1, B2 e B3.

Os alunos do Grupo B, ao mencionar aspectos relacionados à Primeira Lei de Newton – respostas como *“Meu corpo vai para frente, por causa da primeira lei de Newton”* ou *“Quando um corpo está em movimento, ele tende a ficar assim até que algo o pare.”* – demonstraram uma noção inicial do fenômeno da inércia. Apesar de não aprofundarem o conceito em termos de resistência à mudança do estado de movimento (aspecto que, para alunos do ensino médio, seria esperado com maior detalhamento), para estudantes do 8º ano essa resposta evidencia que o subsunçor inércia está presente, ainda que de forma simplificada e incompleta.

2. Noção de Força

Ausente (Inadequado) para B1, B3 e Presente - Parcialmente adequado em B2.

As respostas indicam que os alunos associam força a uma expressão matemática que envolve massa e aceleração, no entanto, o conteúdo expresso nas respostas de B1 e B3 - *“ $F = m/a$ ”* - sugerem que eles não entendem como essas variáveis se relacionam matematicamente com a força, além de não apresentarem explicações conceituais a respeito de força, o que está alinhado com a classificação de inadequado. Embora utilizar massa e aceleração, em uma

tentativa de definir matematicamente a ideia de força, mostre certa familiaridade inicial, a explicação permanece inadequada, pois, não contempla as múltiplas propriedades de força (direção, sentido, intensidade).

Para as respostas de B2, o **subsunçor** foi considerado **presente** em sua estrutura cognitiva, mas de forma parcialmente adequada. A resposta “*Força seria massa $\times$ aceleração.*” de **B2** sugere familiaridade com a definição matemática. Apesar da falta de uma explicação do significado da expressão, essa ideia inicial pode servir de ponto de partida para uma discussão e aprofundamento conceitual.

3. Relação entre Força Resultante e Movimento

Ausente (Inadequado) nos registros escritos B1, B2, B3.

Em suas respostas, os alunos demonstram não ter o subsunçor força resultante, o que implica em não conseguir expressar a relação entre ela e o movimento de corpos. Respostas como: “*A 3ª lei de Newton afirma que a força vai e volta*” e “*Tudo que recebe uma força, volta na mesma intensidade.*” evidencia que o subsunçor ainda não está desenvolvido no grupo, com explicações vagas e confusões conceituais com a 3ª lei de Newton.

4. Noção sobre Ação e Reação

Ausente (Inadequado) para os registros B1, B2 e B3

Em registros, os alunos mencionam que “a 3ª lei de Newton diz que a força vai e volta”, evidenciando certo reconhecimento da ideia de ação e reação. No entanto, essas respostas são dadas em outro contexto, no qual eles confundem a ideia de força resultante com o de ação e reação. A ausência dessa distinção conceitual básica justifica a classificação como *inadequada*.

6.1.3. Análise das respostas do Grupo D

Quadro 16 - Quadro de análise dos dados da atividade Desafio 1 - Conhecimentos prévios, grupo D.

GRUPO D				
SUBSUNÇOR	CATEGORIA		UNIDADES DE REGISTRO	UNIDADES DE CONTEXTO
Inércia	Ausente	Inadequado	D1, r.e	Conhecimentos prévios - P1
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	D2, r.e	
Noção de força	Ausente	Inadequado	D1, r.e	Conhecimentos prévios - P2 e P3
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	D2, r.e	
Relação entre força resultante e movimento	Ausente	Inadequado	D1, D2, r.e	
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	
Noção sobre Ação e Reação.	Ausente	Inadequado	D1, D2, r.e	Conhecimentos prévios - P4
	Presente	Adequado	-	
		Parcialmente adequado	-	

Fonte: o autor (2024)

1. Subsunçor: Inércia

Ausente (Inadequado) em D1, e Presente - Parcialmente Adequado em D2

A resposta **D1** indica concepções confusas com a ideia de que “*O meu corpo vai para frente. Isso acontece porque toda ação tem uma reação (3º lei de Newton)*” enfatizando a ideia de que “toda ação tem uma reação” – em vez de reconhecer que o corpo tende a manter seu estado (inércia). Essa associação equivocada evidencia a não compreensão do subsunçor inércia e, portanto, o conhecimento prévio é classificado como **inadequado**.

Por outro lado, embora **D2** mencione, de forma implícita, a ideia de ação e reação, sua resposta apresenta elementos que indicam a presença de um subsunçor **parcialmente adequado**, ao mencionar que o corpo “*O meu corpo involuntariamente vai para frente. Pelo fato do ônibus estava em movimento...*”. Essa resposta, mesmo que ainda pouco refinada, demonstra uma aproximação com a ideia de que um corpo tende a manter seu estado de movimento, conceito central da Primeira Lei de Newton.

2. Subsunçor: Noção de força

Parcialmente Adequado em D1 e Ausente (Inadequado) em D2, r.e

A resposta **D1**, “*Os dois carrinhos estão em equilíbrio, porque o carrinho que está em repouso sempre ficará em repouso, a mesma coisa pro carrinho em movimento...*”, no contexto do problema 2, sugere que o aluno reconhece uma ligação entre força e movimento, embora essa ligação ainda não seja expressa de forma conceitualmente robusta, indica que o aluno entende que para mudar o estado em que os carrinhos se encontram é preciso quebrar o equilíbrio. Essa ideia expressa de forma implícita pelo aluno, mesmo que superficial, serve de base para uma explicação mais detalhada na qual é levado em consideração o efeito de forças no estado de movimento ou repouso dos corpos. Portanto, consideramos esse subsunçor presente e parcialmente adequado à aprendizagem.

No registo **D2** o aluno demonstra a falta de um subsunçor com a resposta “Não sei”. Além disso, ao responder que, na situação em que o carro está em movimento retilíneo com velocidade constante, há a presença de força na direção do movimento, ele demonstra uma

associação incorreta entre força e movimento. Portanto, o subsunçor noção de força foi classificado como **inadequado**.

3. Subsunçor: Relação entre Força Resultante e Movimento

Ausente e Inadequado em D1 e Presente - Parcialmente adequado em D2, r.e

As respostas de **D1** – "*Não entendo muito, se uma força resultante aplicada em um objeto em repouso, ele se tornará um objeto em movimento.*" – e **D2** – "*A força resultante é quando você utiliza a força e tem um resultado, por exemplo: o movimento. O movimento desse objeto.*" – demonstram uma incerteza e descreve de forma vaga que a aplicação de uma força resultante transforma um objeto em repouso em um objeto em movimento, sem articular de que forma as forças se somam e como o resultado dessa pode modificar ou não o movimento de um corpo. Essas explicações dadas por **D1** e **D2** carecem de elementos que possam ser ancorados para um entendimento mais robusto e, portanto, foram classificadas como **inadequadas**.

4. Subsunçor: Noção sobre Ação e Reação

D1: A resposta indica a completa dificuldade ou ausência de compreensão sobre quais forças estão em jogo, não chegando a mencionar o par de ação e reação. Assim, o subsunçor é classificado como **inadequado**.

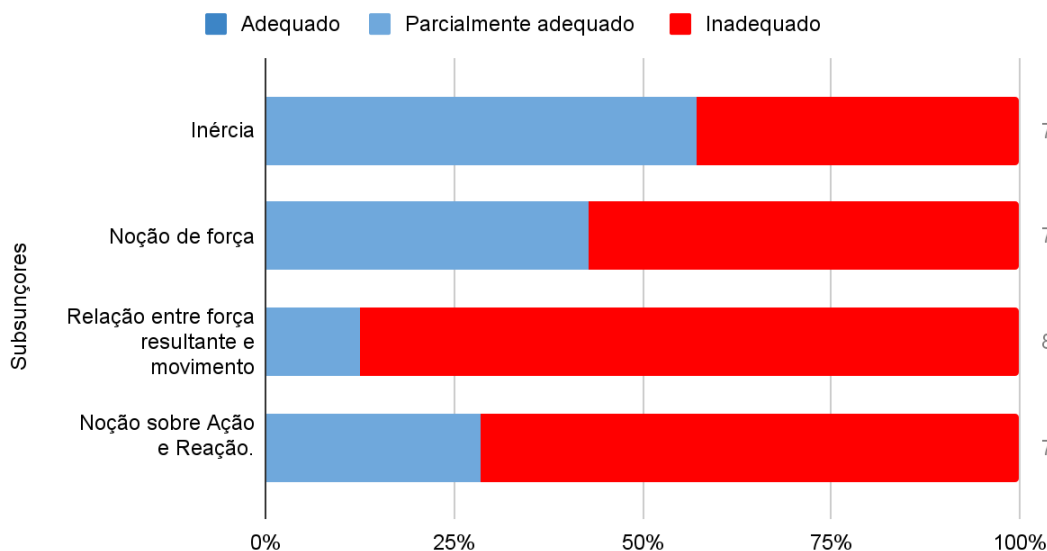
D2 apresenta uma resposta que identifica as duas forças: a força aplicada pelo homem e a força contrária da parede. Essa resposta mostra que o aluno reconhece a existência de pares de forças opostas, no entanto, ele só identifica forças que agem sobre o mesmo corpo. Isso evidencia que a noção de ação e reação está vinculada apenas às forças que agem na caixa e, portanto, esse subsunçor foi considerado **inadequado**.

6.1.4. Síntese e discussão dos resultados

A presente seção tem por objetivo sintetizar e discutir os achados referentes à análise dos conhecimentos prévios dos alunos, associando-os ao referencial teórico adotado na dissertação, especialmente no que se refere à Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) e às contribuições de Moreira (2010, 2011).

A Figura 15 (gráfico de barras empilhadas) ilustra o resultado da análise dos subsunçores (Inércia, Noção de Força, Relação entre Força Resultante e Movimento, e Noção sobre Ação e Reação) nos três grupos investigados (A, B e D) antes da implementação da intervenção pedagógica. Observa-se um predomínio de classificações “Ausente (inadequado)” e “Parcialmente adequado”, com poucos casos de subsunçores considerados adequados. Isso sugere que, apesar de algumas aproximações ao sentido científico, há lacunas consideráveis na compreensão dos alunos sobre os conceitos basilares das Leis de Newton.

Figura 19 - Resultado do levantamento e análise dos conhecimentos prévios relevantes, dos aprendizes (grupos A, B e D) em relação ao conteúdo de Leis de Newton.



Fonte: O Autor (2025)

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem significativa depende da existência de subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que novos conhecimentos se ancorem de forma não arbitrária e não literal. Estes resultados indicam que, embora alguns alunos demonstrem elementos iniciais (parcialmente adequados) para

conceitos como inércia e força, a maioria se encontra em estágios rudimentares ou confusos, o que inviabiliza a compreensão sistêmica das Leis de Newton.

A presença de classificações “inadequado” em diversos subsunçores sugere que muitos conhecimentos prévios se apresentam como concepções que não servem de base para construção de novos conhecimentos, necessitando de intervenções pedagógicas específicas que fomentem a construção prévia de subsunçores adequados seguindo os princípios da diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Moreira, 2010). Isso implica oferecer atividades em que os alunos confrontam suas ideias prévias inadequadas com situações experimentais, debates e problematizações, de modo a construir novos conceitos e ampliar progressivamente a organização hierárquica do conhecimento. Em síntese, o conjunto de dados evidencia que, à exceção de alguns poucos casos, os alunos apresentam, em sua maioria, dificuldades significativas em articular os princípios fundamentais das Leis de Newton.

Nesse contexto, para propiciar uma aprendizagem potencialmente significativa, faz-se necessário elaborar um planejamento didático que atenda à necessidade de estabelecer e refinar os subsunçores. Conforme Moreira (2011), tal planejamento deve contemplar a construção prévia de subsunçores e organizadores prévios além de uma avaliação que priorize a análise processual em vez da mera reprodução de fórmulas. Nesse sentido, a intervenção pedagógica gamificada proposta nesta dissertação visa promover a motivação intrínseca dos aprendizes, induzindo-os a refletir sobre suas concepções e a reestruturar progressivamente o conhecimento de Leis de Newton.

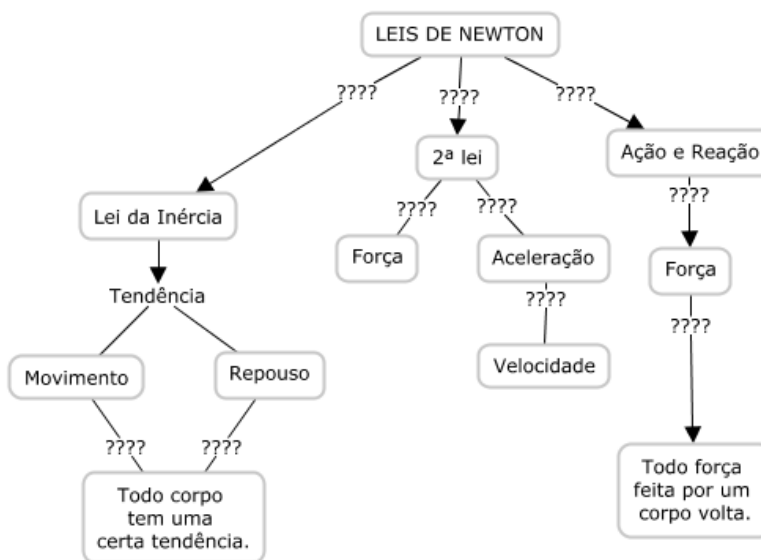
Nas seções subsequentes, será apresentado como os mapas conceituais e a atividade final (Desafio “Serpentes e Escadas”) se articulam com essa análise inicial dos conhecimentos prévios, oferecendo evidências adicionais acerca do processo de evolução conceitual dos discentes ao longo da sequência didática.

6.2. ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

A fim de avaliar os mapas conceituais apresentados ([Apêndice B](#)), adotamos os cinco critérios de análise definidos nesta dissertação, a saber: Conceitos, Proposições, Hierarquização, Ramificações e Ligações Cruzadas. A fundamentação teórica e análise segue as perspectivas de Ausubel (2003), Moreira (2010, 2011, 2017), Novak & Cañas (2010) e Lorenzetti & Silva (2018), enfatizando a importância de compreender como os alunos organizam e relacionam ideias acerca das Leis de Newton, em sua estrutura cognitiva, após a aula introdutória ministrada no segundo momento da sequência didática.

6.2.1. Mapa conceitual do grupo A

Figura 20 - mapa conceitual produzido pelo grupo A



Fonte: os autores (2024)

1. Conceitos

O mapa exibe conceitos centrais como “Leis de Newton”, “Lei da Inércia”, “2ª Lei”, “Ação e Reação”, “Força”, “Aceleração”, “Velocidade”, “Tendência”, “Movimento” e “Repouso”. Nota-se, o uso de termos como “Tendência”, “Movimento” e “Repouso”,

na tentativa de associá-los com a lei da inércia, “Força” e “Aceleração” relacionados ao conceito da 2ª lei de Newton e “Toda força feita por um corpo volta” associado ao conceito de Ação e Reação. Isso evidencia o uso de termos adequados relacionados às leis de Newton. O grupo demonstra esforço em discriminar as três Leis de Newton, pois há ramificações iniciais para “Lei da Inércia”, “2ª Lei” e “Ação e Reação”.

2. Proposições

As proposições, entendidas como a união de dois conceitos por meio de uma palavra ou frase de ligação (Moreira, 2011), estão praticamente ausentes (representadas por pontos de interrogação “???”). Isso prejudica a compreensão das relações lógicas, pois não se identificam claramente frases que expressam significados. A falta de verbos ou expressões conectivas faz com que boa parte do potencial explicativo do mapa não seja utilizado. Assim, a falta de palavras de ligação pode indicar lacunas na aprendizagem, do grupo em questão, das relações entre os conceitos presentes no mapa. No entanto, podemos entender, a partir do mapa que o grupo começa a construir a ideia que “A Lei da Inércia relaciona-se a tendência do corpo a permanecer em movimento ou em repouso”

3. Hierarquização

De maneira positiva, verifica-se um certo nível inicial de hierarquização, em que “Leis de Newton” aparece no topo como conceito mais geral, ramificando-se em “Lei da Inércia”, “2ª Lei” e “Ação e Reação”. Entretanto, essa hierarquia não se aprofunda. As subdivisões, como a transição de “2ª Lei” para “Força”, “Aceleração” e daí para “Velocidade”, ou ainda, “Ação e Reação” para “Força” não estão acompanhadas de palavras de ligação ou explicações que demonstrem uma clareza na diferenciação progressiva dos conceitos. Falta inserir, por exemplo, o papel da “massa” ou a ideia de “força resultante” como mediadores conceptuais que conferiram uma estrutura hierárquica mais consistente.

4. Ramificações

O mapa apresenta três ramificações principais relacionadas às 3 leis de Newton, mas o grau de detalhamento em cada segmento é limitado. No trecho sobre a “Lei da Inércia”, há uma tentativa de relacionar com “movimento” e “repouso”, porém sem se aprofundar um pouco mais na explicação. Quanto à “2ª Lei”, o aluno elenca “Força”,

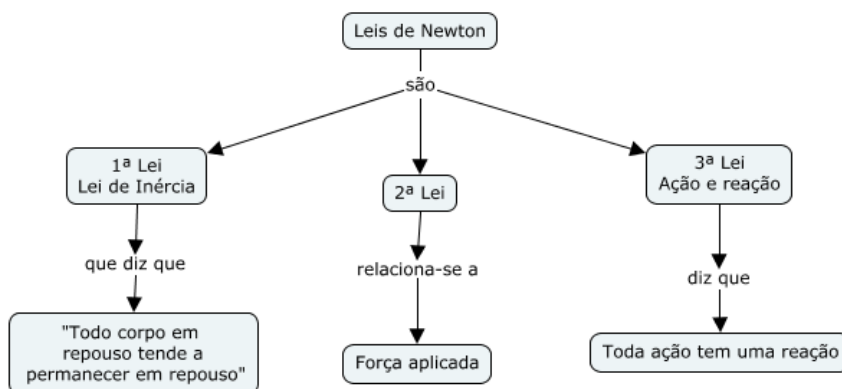
“Aceleração” e “Velocidade”, mas não esclarece como esses conceitos se encadeiam. Isso indica que apesar de relevantes, as ramificações ainda são superficiais, sugerindo a necessidade de novas intervenções que estimulem a elaboração de maior profundidade no encadeamento conceitual.

5. Ligações Cruzadas

Não há evidências de conexões transversais entre os ramos do mapa. Por exemplo, não se observa ligação entre “Lei da Inércia” e “Força” ou “2ª Lei”. A presença de ligações cruzadas é um indicador de integração conceitual mais avançada (Moreira, 2011), pois demonstra a reconciliação integrativa entre diferentes tópicos. A ausência dessas ligações reforça o diagnóstico de que o aluno ainda não estabeleceu conexões avançadas e significativas entre as leis de Newton.

6.2.2. Mapa conceitual do grupo B

Figura 21 - Mapa Conceitual produzido pelos alunos do grupo B



Fonte: O Autor (2024)

1. Conceitos

No topo, o mapa apresenta o conceito “Leis de Newton”, subdividido em “1ª Lei (Lei de Inércia)”, “2ª Lei” e “3ª Lei (Ação e Reação)”. Observa-se ainda a menção a “Força aplicada” e duas citações entre aspas: “Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso” e “Toda ação tem uma reação”. Estes elementos apontam para uma tentativa de explicitar cada lei com uma frase-síntese, o que denota certa clareza quanto às denominações básicas do tema. Contudo, o mapa não aprofunda conceitos como massa, aceleração ou forças específicas, sugerindo que o aluno mantém uma visão inicial, embora coerente, das três Leis de Newton.

2. Proposições

As proposições aparecem de forma resumida, mas relativamente claras. Por exemplo, “1ª Lei (Lei de Inércia) que diz que ‘Todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso’” representa uma tentativa de explicar o enunciado da lei. Entretanto, não há um desenvolvimento mais amplo sobre a ideia de resistência à mudança de

movimento, restringindo-se à condição de repouso. Da mesma forma, a 3ª Lei se expressa em “Ação e reação diz que ‘Toda ação tem uma reação’”, sem detalhar que as forças atuam em corpos distintos e são iguais em intensidade e opostas em sentido. Já no caso da 2ª Lei, a ligação “relaciona-se a Força aplicada” é vaga, pois não esclarece a relação matemática ou conceitual entre força, massa e aceleração.

3. Hierarquização

A hierarquização do mapa mostra-se organizada de forma simples: “Leis de Newton” no topo, subdividindo-se em três ramos para cada lei. Essa estrutura corresponde a uma diferenciação elementar, porém não se evidencia a progressão para níveis mais específicos com mais elementos de ligação e conceitos associados a cada lei. Assim, embora o esqueleto hierárquico básico esteja presente, não se aprofunda em níveis inferiores, o que poderia reforçar o entendimento diferenciado das três leis.

4. Ramificações

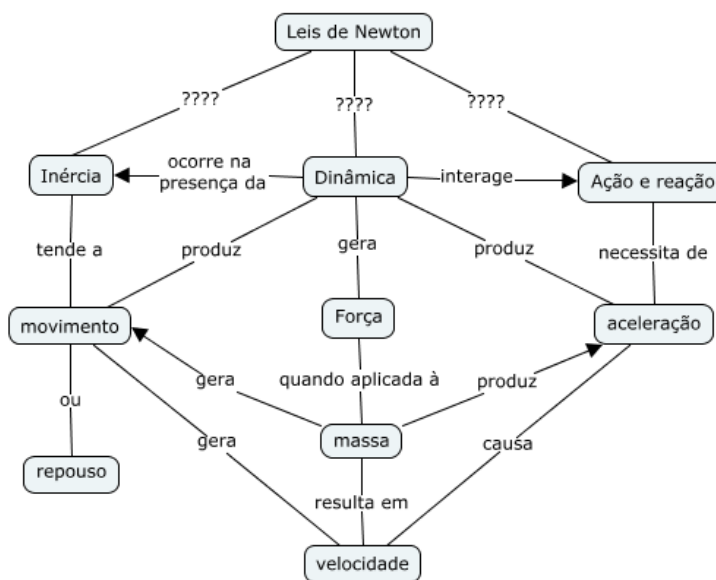
O mapa apresenta três ramificações principais (uma para cada lei), mas sem ramificações adicionais em cada uma delas. Como resultado, não se observa maior detalhamento conceitual em “Força aplicada” ou nas frases explicativas. A introdução de exemplos concretos ou elementos como “massa”, “aceleração”, “equilíbrio” e “resultado das forças” ajudaria a evidenciar uma organização mais completa e colaboraria para a clarificação das noções centrais (Moreira, 2010).

5. Ligações Cruzadas

Não há elos que interconectam os diferentes ramos (1ª Lei, 2ª Lei e 3ª Lei) de maneira explícita. A ausência de ligações cruzadas sugere que o aluno não realiza conexões entre as leis, como por exemplo, relacionar a noção de “Força aplicada” (2ª Lei) à “ação e reação” (3ª Lei) ou à “tendência de manter o estado” (1ª Lei). Segundo Moreira (2011), as ligações cruzadas são importantes para a reconciliação integrativa do conhecimento, pois evidenciam que o aprendiz compreende como conceitos diversos interagem dentro de um mesmo domínio.

6.2.3. Mapa conceitual do grupo D

Figura 22 - Mapa conceitual produzido pelos alunos do grupo D



Fonte: O Autor (2024)

1. Conceitos

O mapa incorpora termos relevantes como “Leis de Newton”, “Inércia”, “Dinâmica”, “Ação e reação”, “movimento”, “repouso”, “Força”, “massa” e “aceleração”. Em comparação aos mapas anteriores, percebe-se um vocabulário mais amplo e que reflete, em parte, a distinção entre as três leis (Inércia, Dinâmica/2ª Lei e Ação-Reação). Ainda assim, o uso do termo “Dinâmica” em vez de “2ª Lei” pode gerar confusão sem um enunciado claro de que se refere especificamente ao princípio fundamental da dinâmica. Além disso, a maneira como “Força” e “massa” se relacionam carece de maior precisão conceitual, já que não se faz referência explícita ao produto $F = ma$.

2. Proposições

As proposições se formam por meio de palavras de ligação e verbos como “produz”, “gera”, “interage”, “necessita de” e “ocorre na presença da”. Embora existam tentativas de explicar causalidades – por exemplo, “**Força** quando aplicada à massa resulta em **velocidade** e produz **aceleração**” – algumas dessas relações soam

imprecisas ou truncadas. Por exemplo, “**Ação e reação** necessita de **aceleração**”, e “**Inércia** ocorre na presença da **Dinâmica**” não está claro do ponto de vista físico, pois os pares de forças de ação e reação não precisam necessariamente estar acelerando algo, e quanto à inércia, esta não depende da ação de forças externas para existir, ela é a tendência intrínseca de um corpo a manter seu estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme (Nussenzveig, 2013). Apesar disso, há uma evolução em relação a esse conceito, pois há indícios de associação de inércia a situações de repouso e movimento de corpos. A iniciativa de inserir verbos e frases de ligação também mostra avanço em relação a mapas mais esquemáticos, pois sugere que o aluno busca estabelecer como os conceitos se conectam e geram fenômenos.

3. Hierarquização

A estrutura hierárquica do mapa parte das “Leis de Newton” no nível superior, subdividindo-se em “Inércia”, “Dinâmica” e “Ação e reação”. Esse arranjo reflete, de modo geral, o reconhecimento das três grandes áreas de estudo (primeira, segunda e terceira leis), mas a sobreposição do termo “Dinâmica” (que, em sentido estrito, abrange o conjunto de leis) pode confundir. Abaixo dessa divisão inicial, identificamos conceitos como “movimento”, “repouso”, “Força”, “massa” e “aceleração”, os quais apontam para um início de uma diferenciação progressiva. Contudo, a ausência de desdobramentos mais específicos em cada ramo e a falta de definição clara do papel de cada conceito enfraquecem o potencial hierárquico do mapa. Nesse sentido, não identificamos estruturas que evidenciam processos de reconciliação integrativa, pois esta constitui-se no processo em que conceitos mais específicos passam a se relacionar se ancorado nos conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz para formar um conhecimento mais amplo (Moreira, 2011; Rosa e Darroz, 2022).

4. Ramificações

O mapa apresenta várias ramificações que partem de “Inércia”, “Dinâmica” e “Ação e reação”, conduzindo a conceitos adicionais como “movimento/repouso” e “aceleração”. Apesar disso, as conexões mostram-se, em certos trechos, circulares ou vagas. Por exemplo, “**Dinâmica** gera **Força**” e “**Dinâmica** ocorre na presença de **Inércia**” criam uma sequência de causalidades incorretas e sem uma lógica evidente logo no primeiro nível hierárquico. Essa lacuna sugere a necessidade de intervenção

pedagógica para tornar mais claras as relações de causa e efeito entre os conceitos, bem como para distinguir termos centrais (como Princípio fundamental da dinâmica, força, inércia e Ação e Reação) de suas propriedades ou resultados.

5. Ligações Cruzadas

Quanto às ligações cruzadas, há algumas tentativas de relacionar conceitos distintos, como “movimento” e “velocidade”, “aceleração” e “massa” orbitando o conceito de “Força”, bem como “Dinâmica” e “aceleração” e “movimento”. No entanto, o mapa exhibe ligações superficiais entre, por exemplo, “massa” “aceleração” e “velocidade”, ou entre a ideia de “movimento” e a “Força” no contexto da segunda lei. Tais elos transversais poderiam evidenciar uma compreensão mais ampla e integrada das três leis, caracterizando a reconciliação integrativa (Moreira, 2011). Como não existem conexões explicitando essas relações, infere-se que o aluno ainda não consolidou uma visão sistêmica do conteúdo.

6.2.4. Síntese e discussão dos resultados

Os resultados indicam que o grupo A alcançou os indicadores de um possível processo de aprendizagem significativa: apresentou conceitos corretos e relevantes em disposição hierárquica coerente, clareza nas proposições, ramificações aprofundadas e conexões não-lineares, demonstrando uma provável interação não arbitrária entre subsunçores prévios e novos conhecimentos. Esse padrão pode refletir um movimento em direção à aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel (2003).

Para os grupos B e D, apesar de incorporar elementos centrais das Leis de Newton e de apresentarem certa hierarquia na organização dos conceitos, observou-se lacunas na hierarquização e limitação de ramificações. A ausência de ligações cruzadas sugere que esses alunos ainda não acessam plenamente subsunçores que permitem integrar o todo conceitual, permanecendo em uma região intermediária do contínuo entre aprendizagem mecânica e significativa.

Enquanto que na etapa inicial (Conhecimentos prévios) predominam concepções fragmentadas e confusas — com muitos subsunçores ausentes ou pouco desenvolvidos —, na etapa dos mapas conceituais já se percebe uma certa organização hierárquica e relacional dos conceitos. Isso se expressa na forma como os grupos representaram, por exemplo, a relação entre força, aceleração e massa e a Segunda Lei de Newton, que na etapa inicial era

frequentemente confundida ou estava ausente, mas passou a ocupar posição central nos mapas dos grupos A e B.

Nesse contexto, interpretamos essa mudança supracitada como indícios de um processo em curso de **diferenciação progressiva** (AUSUBEL, 2003), demonstrando que os aprendizes começaram a formar uma estrutura cognitiva mais complexa e estável — ainda que nem sempre plenamente elaborada.

No entanto, persistem algumas limitações importantes. A clareza na definição conceitual, por exemplo, ainda não se consolidou plenamente, sendo perceptível, especialmente nos mapas dos grupos B e D, certa imprecisão na escolha de palavras de ligação, comprometendo a precisão conceitual das ideias. Apesar disso, tais achados sugerem que, a proposta pedagógica tenha promovido reorganizações relevantes na estrutura cognitiva dos alunos.

Em suma, a análise dos mapas conceituais, ferramenta que nos permite entender e identificar mudanças no conhecimento dos aprendizes e como este se organiza em sua mente” (Moreira, 2017; Novak e Cañas, 2006), em comparação com os resultados da análise dos conhecimentos prévios (secção 6.1.4) possibilitou observar indícios de mudanças na estrutura cognitiva dos aprendizes, em especial no que diz respeito à aprendizagem progressiva dos conceitos revelando uma evolução no modo como os alunos passaram a estruturar os conhecimentos físicos em sua estrutura cognitiva. Desse modo, esses achados podem servir de evidências de um possível processo de aprendizagem significativa em curso, e que ainda demanda intervenções complementares que favoreçam o refinamento conceitual e a generalização dos conhecimentos.

6.3. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA ATIVIDADE FINAL

A seguir, apresenta-se a análise dos resultados do Desafio 3 – “Serpentes e Escadas” ([Apêndice C](#)) – elaborada com base nos dois critérios definidos para essa atividade (Quadro 11 e 13) : **Clareza** no uso e definição do conhecimento e **Diferenciação**. Estes critérios foram utilizados para identificar se os novos conhecimentos incorporados pelos alunos foram internalizados de forma mais clara, organizada e diferenciada, conforme os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2011).

Primeira Lei de Newton (Serpentes e Escadas - P2 e P3)

Clareza no uso e definição do conhecimento

Grupo A: Na resposta ao problema 1 (P1), os alunos afirmaram que “a caixa, devido ao movimento abrupto do caminhão, irá se soltar e cair para fora, porém parado e inerte.” Nesse enunciado há o reconhecimento de que a caixa tende a não acompanhar a desaceleração do veículo, o que corresponde a uma noção rudimentar de inércia. No entanto, a expressão “cair, porém parado” mescla dois conceitos em aparente contradição: a queda para fora do caminhão (movimento) e a ausência de movimento. Essa tentativa de explicação, em parte, revela familiaridade inicial ao assunto, mas a construção da frase carece de clareza, refinamento e organização. Já no problema 3 (P3), o grupo discute e, em uma segunda tentativa de resolver o problema no jogo, relaciona corretamente o fenômeno ocorrido com a lei da inércia (“*De acordo com a Lei de Inércia, a tendência da mala é ser empurrada para trás se nada a segura*”) demonstrando uma evolução no entendimento e habilidade de aplicação da Primeira Lei de Newton.

Grupo B: Verificou-se a ausência de respostas em relação à Primeira Lei de Newton, o que pode sugerir que os estudantes ainda não compreenderam o tópico ou não se sentiram confortáveis em aplicar essa lei em seus próprios termos. A ausência de respostas impossibilita a identificação de qualquer indício de internalização do conceito.

Grupo D: A resposta “*a caixa vai para frente, porque ela acompanha o movimento do caminhão – tudo que está em movimento tende a permanecer em movimento*” demonstra

entendimento claro da essência da Lei da Inércia. Embora não utilize o termo técnico “inércia” e o enunciado da lei da inércia esteja apresentado de forma parcial, o aluno recorreu à frase coloquial que sintetiza o princípio, denotando boa comunicação da ideia central e ausência de ambiguidade. Essa forma de expressão — embora não acadêmica — indica que o estudante compreende a tendência natural de um corpo a não modificar seu estado cinético sem a ação de força externa. No problema 3, não há menções a respeito da lei da inércia, o que pode significar que eles não conseguiram identificar uma aplicação deste conhecimento à situação em questão.

Diferenciação

Tanto o Grupo A quanto o Grupo D aplicaram sua explicação a contextos diferentes (caminhão freando e trem em aceleração). No entanto, no problema 2 eles tiveram dificuldade em expressar com mais clareza a explicação do fenômeno. Essa limitação pode indicar que, embora tenham internalizado o conceito de inércia, os alunos ainda não desenvolveram plenamente a flexibilidade de utilizá-lo em diferentes cenários, um passo fundamental para a consolidação de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2011).

Quanto à progressão de conceitos mais simples para mais completos e detalhados, levando em conta também as atividades anteriores, percebemos uma evolução conceitual, passando de explicações vagas e conceitualmente confusas (“o corpo não pode acompanhar o movimento pois seu peso é fácil de manipular”) de um fenômeno que envolve a Primeira Lei de Newton, para uma estrutura hierarquizada (Mapas conceituais) com certo grau de complexidade, na qual a Primeira Lei de Newton está corretamente posicionada como um dos tópicos principais e com conceitos como “movimento”, “Repouso” e “Tendência” relacionados.

Além disso, temos menções explícitas à Lei da Inércia na atividade do Jogo Serpentes e Escadas (Problema 2 e 3). Assim, embora as ideias ainda se apresentem de forma generalizada e pouco refinadas, no decorrer das atividades podemos observar uma certa evolução quanto ao detalhamento nas respostas dos alunos, e em certa medida pode indicar um processo de diferenciação em andamento.

Segunda Lei de Newton (Serpentes e Escadas - P1 e P3)

Clareza no uso e definição do conhecimento

Grupo A: As respostas evidenciam uma tentativa de externalizar os conceitos fundamentais a partir da proposta pedagógica. Por exemplo, na resolução do **problema 1** (P1), a resposta "*O corpo sofrerá uma reação de movimento. Força e aceleração.*" sugere que o grupo relaciona a aplicação de uma força à ocorrência de movimento. Entretanto, a exposição dos conceitos ocorre de forma sucinta e sem expor explicitamente as condições que definem os fenômenos – como que tipo de movimento é produzido ou evidenciar a relação entre aceleração e força. No problema 3 (P3), o grupo usa corretamente a forma matemática para resolver o problema, mas não registram a unidade de força na resposta. Apesar da pouca precisão nas respostas, elas indicam corretamente o efeito físico de uma força resultante não nula, uso correto da relação de proporcionalidade entre força e aceleração, indicando que os alunos já iniciaram o processo de internalização dos conhecimentos propostos.

Grupo B: Ao afirmarem que “força resulta em movimento” e referir-se à “massa/aceleração”, os alunos do grupo B demonstram familiaridade com as variáveis envolvidas na fórmula da Segunda Lei, embora apareça confusão com a noção de proporcionalidade entre força e aceleração. Esse registro revela que os estudantes sabem que força, massa e aceleração estão relacionadas, mas ainda não dominam a forma de expressar corretamente essa relação. A menção explícita à “2ª lei” é significativa, pois mostra consciência de que existe um princípio formal a ser aplicado.

Grupo D: A explicação do Grupo D confunde a Segunda Lei com a Terceira Lei, descrevendo corretamente pares de ação e reação, mas sem mencionar aceleração nem discutir como a força altera o movimento do próprio corpo. Isso demonstra que o aluno identificou a existência de uma relação de forças contrárias, mas ainda não fez associações entre a Segunda Lei de Newton e a mudança de velocidade sob ação de uma força resultante. No problema 3 (P3), o grupo 3, depois de algumas tentativas, conseguiu utilizar corretamente a fórmula matemática para resolver parte do problema, mas também não registra a unidade de força.

Diferenciação

Nos conhecimentos prévios, a maior parte dos subsunçores relativos à Segunda Lei de Newton se apresentam, de modo geral, como inadequados. Respostas como "*Não entendo muito, se uma força resultante aplicada em um objeto em repouso, ele se tornará um objeto em movimento.*" (D1, r.e, Conhecimentos prévios - P3) , "*Caso alguém empurre o carrinho, ele vai continuar com a mesma velocidade até a gravidade o fazer parar.*" (B2, r.e, Conhecimentos prévios - P2) e "*A força é $F = M/A$* " (B1, r.e, Conhecimentos prévios - P2) são alguns dos exemplos. Nos Mapas Conceituais, apesar da presença de algumas lacunas, de modo geral, conseguiram estruturar corretamente as ideias como "Força", "Aceleração", "Velocidade" e "massa" relacionando-as ao conceito da Segunda Lei de Newton, formando uma estrutura mais complexa, representando uma possível reestruturação de suas estruturas cognitivas.

Nesse contexto, ao avaliarmos as respostas da atividade, relativa à Segunda Lei de Newton, do jogo "Serpentes e Escadas" (P1 e P3) percebemos, apesar da dificuldade de alguns alunos em expressar de forma mais completa a relação entre força resultante e movimento com respostas como "*a aplicação de força resulta em movimento*" (GRUPO B, r.e, Jogo Serpentes e Escadas - P1) , que os grupos A e D demonstram avanço ao aplicarem corretamente a relação matemática entre força e aceleração quando comparadas às concepções expressas nos conhecimentos prévios, marcadas por formulações inadequadas como " $F = m/a$ ".

Entretanto, em relação ao tópico da Segunda Lei de Newton, observamos pouca evolução conceitual em relação às atividades anteriores, identificamos pelo menos uma apropriação mais precisa da relação entre grandezas físicas e seu uso em contextos diferentes dos vistos anteriormente. Assim, a atividade final evidencia um processo de reestruturação cognitiva, mas não há fortes sinais de diferenciação progressiva, em direção a uma compreensão conceitualmente mais robusta da Segunda Lei de Newton.

Terceira Lei de Newton (Serpentes e Escadas - P4 e P5)

Clareza no uso e definição do conhecimento

Grupo A: No problema do skate (P4), descreve com precisão que a parede exerce uma força contrária e que a pessoa se desloca para trás (*“Com o empurrão na parede, foi-se aplicada uma força contrária e com a pessoa em cima de um skate, ela se moveu para trás.”*). Já na identificação das setas (P5), o grupo identifica incorretamente as setas azul e preta como pares de ação e reação.

Grupo B: Reconhece corretamente em P4 que “toda ação tem uma reação” e identifica quais corpos exercem as forças. Em P5, contudo, considera todas as forças como reação, sem explicitar os pares de ação-reação. No entanto, podemos inferir que os pares “reação” foram corretamente identificados, pois *“Azul: reação da terra”* e *“Vermelho: reação da caixa”* podem ser interpretados como a seta azul sendo uma reação à atração que a caixa exerce sobre a terra. Do mesmo modo, a seta vermelha pode ser a reação à atração que a terra exerce sobre a caixa.

Grupo D: Em P4, reconhece com clareza a ação e reação (*“a ação é do skatista de empurrar a parede.”* e *“a reação foi a parede empurrar o skatista de volta”*). Em P5, identifica ação e reação apenas como forças opostas, sem indicar qual o contexto dessa afirmação, indicando a necessidade de refinamento em suas concepções a respeito do assunto.

Diferenciação

Todos aplicam a Terceira Lei de Newton em pelo menos dois contextos (o exemplo do skate e o diagrama das setas), mostrando que conseguem articular a mesma ideia em situações diferentes. Entretanto, percebemos uma dificuldade, dos grupos A e D, em identificar corretamente o par ação e reação entre o bloco e a mesa no problema 5 do jogo “Serpentes e Escadas” ([Apêndice III](#)). Isso provavelmente indica que eles ainda não internalizaram completamente o conceito desta lei, pois ainda identificam ação e reação como pares de forças aplicadas ao mesmo corpo.

Em comparação com o Conhecimentos prévios (desafios 1) e Mapas conceituais (Desafio 2) percebemos uma evolução na organização e clareza conceitual. Embora, nos conhecimentos prévios a maior parte dos subsunçores da turma, relativos a Terceira Lei de Newton, estejam classificados como inadequados, percebemos, mesmo com a observação de lacunas e limitações nas ramificações, nos mapas conceituais, uma representação da possível reestruturação do conteúdo, na estrutura cognitiva dos alunos, com a inclusão de termos como “ação e reação” em um nível hierárquico maior e abaixo desse, termos como “força”, “Toda força feita por um corpo volta” e “Toda ação tem uma reação” como conceitos associados ao tópico. Assim, em comparação com as respostas do Desafio 3 podemos perceber como as idéias prévias dos alunos foram se modificando progressivamente até assumir significados mais claros e relacionando-se a ideias novas e mais adequadas ao processo de aprendizado do conteúdo.

Segundo Ausubel (2003), o indivíduo organiza mais naturalmente conhecimento em sua estrutura cognitiva ideias mais gerais que vão progressivamente relacionando-se com conceitos mais específicos, diferenciados, formando uma estrutura hierárquica. Nesse sentido, consideramos que as respostas revelam um processo inicial de diferenciação.

6.3.1. Síntese e discussão da análise dos resultados

Os dados da atividade final (Desafio 3 – Serpentes e Escadas), analisados segundo os critérios de **clareza e diferenciação**, mostram um quadro mais avançado em relação aos momentos anteriores, indicando evidências de aprendizagem potencialmente significativa. Em comparação com a análise dos conhecimentos prévios (seção 6.1.4) e dos mapas conceituais (seção 6.2.4), os registros do Desafio 3 indicam maior capacidade de organização conceitual e de transferência de conhecimento para contextos novos, elementos fundamentais na perspectiva de Ausubel (2003).

Para a **Primeira Lei de Newton**, os grupos A e D apresentaram explicações que, embora não utilizem sempre a terminologia formal, comunicam com clareza o princípio da inércia. Ainda que, inicialmente, aparecem explicações genéricas ou confusas, no grupo A, com o desenrolar da atividade – especialmente nos problemas subsequentes P3, P4 e P5 – nota-se uma maior clareza conceitual e uso mais consistente da linguagem física. A formulação “*A caixa vai para frente, por que ela acompanha o movimento do caminhão*

“tudo que está em movimento tende a permanecer em movimento”, ainda que informal, revela um processo de apropriação do conceito de inércia e diminuição de ambiguidades — o que não se verificava nas respostas iniciais. A clareza observada nesse momento contrasta com as respostas anteriores, nas quais os estudantes mostravam confusão entre inércia e ação e reação. Já a diferenciação, embora presente em menor grau, é perceptível na aplicação do conceito a situações distintas dentro do jogo.

No que se refere à **Segunda Lei de Newton**, os registros apontam maior familiaridade com a relação entre força, massa e aceleração. O Grupo B, por exemplo, cita de forma explícita a “2ª Lei de Newton” e associa corretamente a ideia de força resultante não nula à ideia de movimento. Embora utilize expressões pouco formais e se confunda nas relações de proporcionalidade, percebe-se, de modo geral, um avanço em relação às concepções iniciais. Isso representa um indício de processo de reorganização da estrutura cognitiva, com incorporação de significados progressivamente mais próximos da formulação científica. Entretanto, a diferenciação continua restrita ao contexto da atividade, isto é, não recorrem a outros contextos semelhantes para resolução da questão. Desse modo, indicando que os subsunçores ainda estão em processo de consolidação.

Quanto ao conceito da **Terceira Lei de Newton**, esse foi o que apresentou maior consistência entre os grupos. As respostas indicam que os alunos compreenderam o caráter relacional da lei (*“a ação é do skatista de empurrar a parede, a reação é o movimento do skatista para trás”*), mesmo que nem sempre identifiquem corretamente os pares de forças. A aplicação da mesma ideia em dois contextos diferentes propicia o processo de diferenciação progressiva, elemento central na aprendizagem significativa (Moreira, 2011).

A análise geral do desafio 3, portanto, revela uma importante reorganização cognitiva em relação ao início da intervenção. Enquanto os conhecimentos prévios revelavam ideias em grande parte desconexas, os resultados da atividade final demonstram que os estudantes passaram a construir significados mais claros, articulados e aplicáveis que os do início da intervenção pedagógica. Os subsunçores inicialmente ausentes ou inadequados agora aparecem com maior clareza e provável estabilidade, possibilitando o ancoramento de novos significados, característica essencial do processo de aprendizagem significativa.

A evolução observada ao longo das três etapas permite inferir que os estudantes passaram por um processo de reorganização progressiva da estrutura cognitiva, com avanço

visível no subsunçor relacionado à Terceira Lei de Newton, seguido pela Primeira, e, por fim, pela Segunda Lei, mas que ainda demanda maior atenção pedagógica, em especial, em sua formulação conceitual e explicitação de unidades de medida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma sequência didática gamificada para o ensino médio, abordando as Leis de Newton e fundamentada na teoria da aprendizagem significativa para aplicar e analisar os resultados desta aplicação. Partindo do problema de pesquisa sobre como estratégias baseadas em gamificação e ancoradas na teoria de Ausubel podem favorecer aprendizagens potencialmente significativas em conteúdos de Física, em específico, no ensino das Leis de Newton. Estruturou-se uma proposta metodológica, para alunos do 8º ano de uma escola pública, que buscou promover o engajamento, a motivação e a construção de conhecimentos mais significativos.

Para atingir esse propósito, foram definidos seis objetivos específicos que orientaram a trajetória do estudo: (i) investigar os fundamentos teóricos da TAS e da Gamificação, (ii) levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo, (iii) elaborar uma sequência didática gamificada, (iv) implementá-la em contexto real, (v) analisar os efeitos da proposta sobre a aprendizagem e (vi) produzir um material de apoio didático. Cada etapa de análise foi fundamentada em procedimentos metodológicos de análise qualitativa, com destaque para a análise qualitativa dos dados, realizada à luz da análise de conteúdo proposta por Bardin (1977).

A análise dos dados revelou indícios de que a proposta contribuiu para a ocorrência de um potencial processo de aprendizagem significativa em curso. A etapa inicial, com os questionários de conhecimentos prévios, indicou a presença de erros conceituais, lacunas e subsunçores ainda pouco desenvolvidos. No entanto, ao longo da sequência didática, foi possível observar um avanço na clareza e na diferenciação dos conceitos científicos envolvidos. Isso foi evidenciado nos mapas conceituais, que apresentaram maior organização hierárquica e articulação entre conceitos, e se confirmou nas respostas da atividade final, nas quais os estudantes demonstraram, em certos problemas, a capacidade de aplicar os conhecimentos em diferentes contextos e de forma mais estruturada.

A triangulação dos dados permitiu observar uma reorganização progressiva na estrutura cognitiva dos alunos, apontando para a presença de conhecimentos mais estáveis e funcionais. Conforme apontado por Ausubel (2003), *“surpreendentemente, nem sempre é fácil demonstrar que ocorreu aprendizagem significativa. A compreensão genuína implica a posse*

de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (Ausubel, 2003, p. 130). Assim, os dados coletados indicam que, apesar de ainda haver conhecimentos a serem refinados, os alunos demonstraram avanços relevantes, em termos de clareza conceitual e capacidade de aplicação, em relação às primeiras atividades — elementos centrais do processo de aprendizagem significativa.

Outro aspecto relevante foi o papel da gamificação como elemento potencializador do processo de aprendizagem. O uso do jogo “Serpentes e Escadas” mostrou-se eficaz para criar um ambiente lúdico e motivador, propício ao engajamento dos estudantes, já que todos se mantiveram engajados e focados nas atividades, mesmo sendo uma atividade opcional e sem relação com as atividades de preparação para olimpíadas, pois estes se preparavam para olimpíada de Química. Portanto, há indícios que a articulação entre os desafios do jogo e os fundamentos da TAS contribuíram para a promoção de um contexto de aprendizagem potencialmente significativo.

Do ponto de vista da prática docente, os resultados desta pesquisa sugerem que sequências didáticas gamificadas, quando bem fundamentadas teoricamente e pedagogicamente, podem representar uma alternativa promissora para o ensino de Física. Professores de Física e Ciências podem se beneficiar da proposta aqui apresentada, adaptando-a a suas realidades e contextos escolares.

Como sugestões para estudos futuros, propõe-se: (i) aplicar a sequência didática em diferentes níveis de ensino e com diferentes temáticas da Física, (ii) investigar com maior profundidade os efeitos de estratégias de ensino gamificadas aliadas à TAS sobre a disposição dos estudantes para aprender significativamente (iii) desenvolvimento de instrumentos mais sensíveis para a avaliação da aprendizagem significativa, de modo a captar com mais precisão as transformações na estrutura cognitiva dos alunos ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Em suma, o presente trabalho contribui não apenas para a área de Ensino de Física, mas também para a reflexão sobre práticas pedagógicas apoiadas em teorias sólidas e sensíveis às necessidades reais dos estudantes. Acredita-se que o conhecimento aqui produzido possa estimular novas investigações e práticas educativas comprometidas com a superação de aprendizagens puramente mecânicas e construção de aprendizagens potencialmente significativas.

REFERÊNCIAS

Ausubel, David P. A aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Tradução de Vitor Duarte Teodoro e Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Editora, 2003. ISBN 972-707-364-6.

Bardin, Laurence. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.

Busarello, R. I. **Gamification: princípios e estratégias**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.

De Aguiar, Joana Guilares; Correia, Paulo Rogério Miranda. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

Da Costa, Thiago Machado; Da Silva Verdeaux, Maria de Fátima. Gamificação de materiais didáticos: uma proposta para a aprendizagem significativa da modelagem de problemas físicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 60-105, 2016.

Da Silva, Silvio Luiz Rutz; De Souza, Luis Henrique Mendes. ABORDAGENS GAMIFICADAS PARA O ENSINO DE FÍSICA: SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE SATÉLITES E GPS. **ARACÊ**, v. 6, n. 3, p. 6799-6820, 2024.

Da Silva, João Batista; Sales, Gilvandenys Leite. Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 5, 2017.

De Souza Cruz, Frederico Firmo. Conceito de força no pensamento Grego. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 2, n. 1, p. 16-24, 1985.

Dias, Antonio Marcos Silva. **Manual para utilização do jornal escolar como recurso metodológico no ensino de física**. 2018. 254f. Dissertação (mestrado profissional em ensino de Física). Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI.

Gil, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Novak, Joseph D.; Cañas, Alberto J. The theory underlying concept maps and how to construct them. **Florida Institute for Human and Machine Cognition**, v. 1, n. 1, p. 1-31, 2006.

Lemos, Evelyse dos Santos. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2011.

Lorenzetti, Leonir; Silva, Virginia Rotters da. A utilização dos mapas conceituais no ensino de ciências nos anos iniciais. **Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 383-406, maio/ago. 2018. Disponível em: www.ufrj.br/seer/index.php/rep. Acesso em: 21 dez. 2024.

Magalhães Junior, Carlos Alberto de Oliveira; Batista, Michel Corci. **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 2 ed. Ponta Grossa - PR : Atena, 2023.

Minayo, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

Moreira, Marco Antônio. **O que é, afinal, a aprendizagem significativa?** Aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2010. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/> >. Acesso em: 24 nov. 2024.

Moreira, Marco Antônio. **Ensino e aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

Nascimento, Francisco Paulo do; Sousa, Flávio Luís Leite. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática—como elaborar TCC**. Brasília: Thesaurus, 2016.

Novak, Joseph D.; Cañas, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, p. 09-29, 2010.

Nussenzveig, Herch Moysés. **Curso de física básica: Mecânica (vol. 1)**. São Paulo: Blucher, 2013.

Oliveira, Josefa Kelly Cavalcante de; Pimentel, Fernando Silvio Cavalcante. Epistemologias da gamificação na educação: teorias de aprendizagem em evidência. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, v. 29, n. 57, p. 236-250, 2020.

Parisoto, Mara Fernanda et al. Utilização de mapas conceituais para buscar indícios de aprendizagem significativa na Física aplicada à Medicina. **Rev Electrónica de Enseñanza de las Ciencias [Internet]**, v. 15, n. 3, p. 347-62, 2016.

Rocha, José Fernando (Ed.). **Origens e evolução das idéias da física**. SciELO-EDUFBA, 2002.

Rooney, Anne. **A história da Física**. São Paulo: M.books do Brasil editora Ltda. 2013.

Rosa, Cleci T. Werner da; Darroz, Luiz Marcelo (Org.). **Cognição, linguagem e docência: aportes teóricos**. Cruz Alta: Ilustração, 2022.

Rossi, Mayara et al. Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, n. 4, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i4.5156>. Acesso em: 24 nov. 2024.

Serway, Raymond A.; Jewett jr., John W. **Princípios de física**. Tradução EZ2 Translate. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

Silva, Andressa Hennig; Fossá, Maria Ivete Trevisan. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas revista eletrônica**, v. 16, n. 1, p. 1-14, 2015.

Silva, J. B. d.; Sales, G. L.; Castro, J. B. d. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. SciELO Brasil, v. 41, 2019.

Sousa, Jordana Yrla de Jesus. Macêdo, Haroldo Reis Alves de. Alves Júnior, Pedro José Feitosa. Revisão sobre o conceito de força: Da Grécia Antiga aos tempos modernos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 12, Vol. 10, pp. 135-156. Dezembro de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/fisica/tempos-moderno>.

Tripp, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e pesquisa, v. 31, p. 443-466, 2005.

Ugalde, Maria Cecília Pereira; Roweder, Charlys. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e99220-e99220, 2020.

Young, Hugh D.; Freedman, Roger A. **Física 1: mecânica**. Tradução de Daniel Vieira. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. ISBN 978-85-4301-813-3.

Zabala, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Penso, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Transcrição das respostas do Desafio 1 - Conhecimentos Prévios

1. DESAFIO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS

- **GRUPO A**

PROBLEMA 1

Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

A1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

O corpo não pode acompanhar o movimento, pois seu peso é bem fácil de manipular e sofrer com movimento de terceiro, como o ônibus.

A2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

O corpo não pode acompanhar o movimento pois seu peso é bem fácil de manipular ou sofrer com o movimento do ônibus.

PROBLEMA 2

Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo. Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Para você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?

Situação 1- O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

A1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *Acredito que seja a primeira situação, o corpo do carrinho está parado em equilíbrio por si só.*
- *Força: Uma pressão exercida contra determinado corpo.*

- *Sim, na situação 2.*

A2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *Situação 2 pois o carrinho esta em movimento e ele precisa manter um equilibrio.*
- *Força pra mim e uma capacidade da mudança do corpo.*
- *Sim situação 2.*

PROBLEMA 3

O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

A1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *Força resultante seria a soma de todas as forças que agem sobre um objeto.*
- *Podendo tanto ser zero(objeto uniforme) como não nula (objeto muda de velocidade).*

A2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *Força resultante e a massa do objeto e a aceleração resultante.*
- *Se a força resultante for diferente de zero o objeto começa a se mover na direção da força aplicada.*

PROBLEMA 4

Uma caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças presentes nessa situação ?

A1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

Força do homem, Força Normal do chão, Força da parede, Força peso.

A2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

Força do homem, Força da parede.

Há força do empurrão a força que está sendo aplicada para empurrar a caixa.

- **GRUPO B**

PROBLEMA 1

Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

B1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

Meu corpo vai para frente, por causa da primeira lei de Newton.

B2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

Quando um corpo está em movimento, ele tende a ficar assim até que algo o pare.

Isso funciona com o nosso corpo, ao acelerar tende a ficar parado e ao freiar tende a continuar o movimento.

B3, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

Meu corpo vai entrar em movimento. Isso acontece por conta da 1ª lei de Newton. Ao acelerar tende a ficar parado e ao freiar tende a entrar em movimento.

PROBLEMA 2

Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo. Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Para você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?

Situação 1- O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

B1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *Situação 1. O carrinho está em constante contato com a gravidade*
- *A força é $F = M/A$*
- *Sim, tem a presença de força.*

B2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *Caso alguém empurre o carrinho, ele vai continuar com a mesma velocidade até a gravidade o fazer parar.*
- *Força seria massa $\times$ aceleração.*
- *A situação 2 é um exemplo de $F = m \cdot a$*

B3, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *O carrinho está em constante com a gravidade.*
- $F = m/a$
- *sim. Tem presença de força na direção.*

PROBLEMA 3

O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

B1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *A 3ª lei de Newton afirma que a força vai e volta.*
- *Tudo que recebe uma força, volta na mesma intensidade.*

B2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *A 3ª lei afirma que uma força resultante é a aplicação de $forçap = forçav$. Tudo que recebe uma força, empurra essa força na mesma intensidade.*

B3, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *A 3ª lei de Newton afirma que a força vai e volta. Tudo que recebe um força, a força volta na mesma intensidade.*

PROBLEMA 4

Uma caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças presentes nessa situação ?

B1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

massa, aceleração, 3º lei de Newton

$$F = m/a$$

B2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

Massa, força, aceleração. 3º lei.

B3, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

- *Massa, aceleração, 3º lei de Newton.*
- *$F = m/a$*

- **GRUPO D**

PROBLEMA 1

Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

D1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

O meu corpo vai para frente. Isso acontece porque toda ação tem uma reação (3º lei de Newton).

D2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 1

O meu corpo involuntariamente vai para frente.

Pelo fato do ônibus estava em movimento e meu corpo parado, assim que acabou o movimento, com a freiada, meu corpo que estava parado sofre a reação pela ação da freiada e pela falta do movimento.

PROBLEMA 2

Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo. Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? Explique sua resposta. Para você, o que é força? Em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?

Situação 1 - O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

D1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

- *Os dois carrinhos estão em equilíbrio, porque o carrinho que está em repouso sempre ficará em repouso, a mesma coisa pro carrinho em movimento.*

D2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 2

1 - A primeira situação. 2 - pois o carro totalmente parado fica em equilíbrio. 3 - Não sei. 4 - Sim, na segunda situação.

PROBLEMA 3

O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

D1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *Não entendo muito, se uma força resultante aplicada em um objeto em repouso, ele se tornará um objeto em movimento.*

D2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 3

- *A força resultante é quando você utiliza a força e tem um resultado, por exemplo: o movimento.*
- *O movimento desse objeto.*

PROBLEMA 4

Uma caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças presentes nessa situação ?

D1, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

Não consigo identificar.

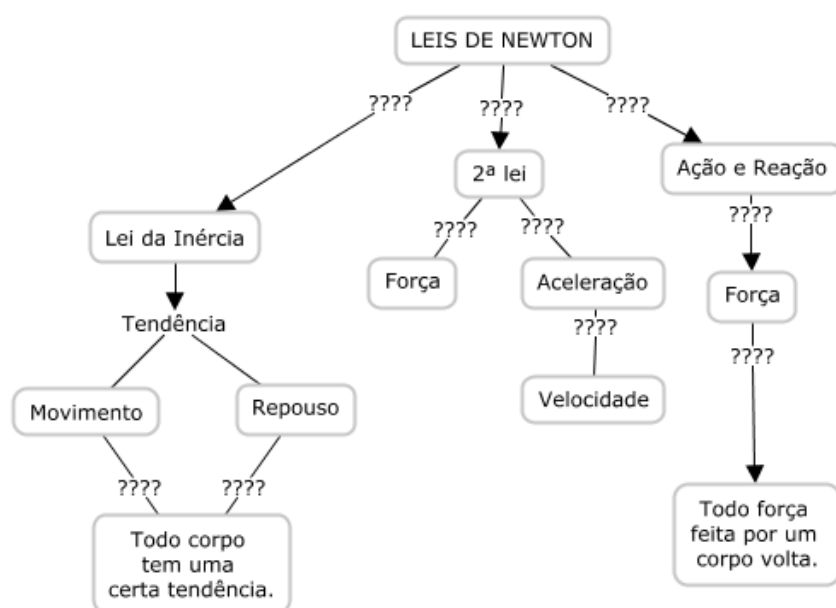
D2, r.e - Conhecimentos prévios - problema 4

Sim. a força que o homem faz para empurrar a caixa e a força que a parede faz para suporta a força do homem na caixa.

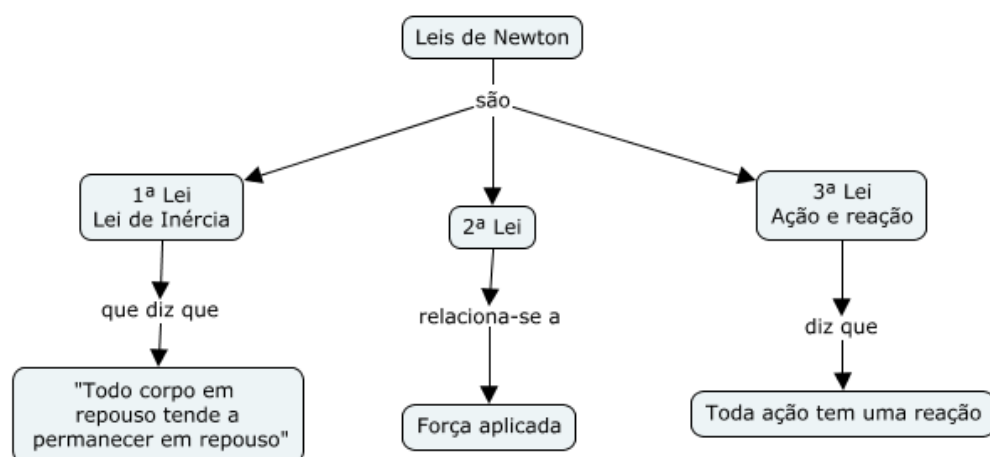
APÊNDICE B - Mapas conceituais dos alunos

1. DESAFIO 2 - MAPA CONCEITUAL: AS 3 LEIS NEWTON.

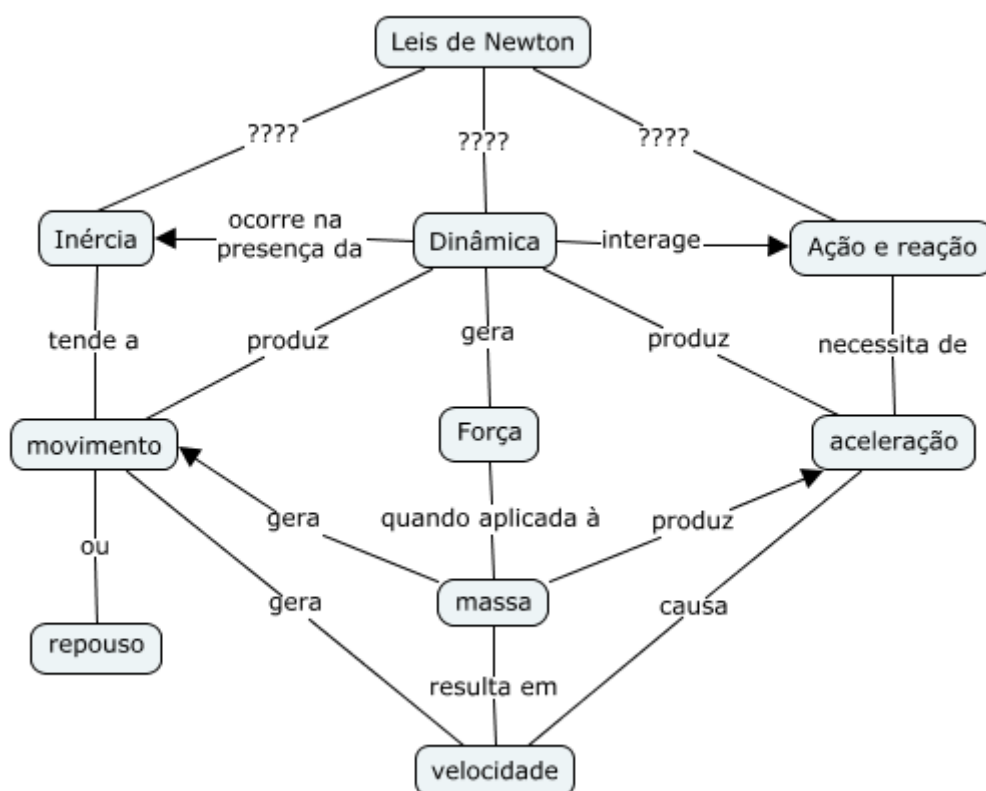
- MAPA CONCEITUAL DO GRUPO A



- MAPA CONCEITUAL DO GRUPO B



- MAPA CONCEITUAL DO GRUPO D



App Cmap disponível em : <https://cmap.ihmc.us/cmptools/cmptools-download/>

APÊNDICE C - Transcrição das respostas do Desafio 3 - Serpentes e Escadas

1. DESAFIO 3 - JOGO SERPENTES E ESCADAS

PROBLEMA 1

Qual é o efeito da aplicação de uma força resultante não nula em um corpo?

GRUPO A, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 1

O corpo sofrerá uma reação de movimento. Força e aceleração.

GRUPO B, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 1

a aplicação de força resulta em movimento

Força – massa/aceleração

2ª lei de Newton

GRUPO D, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 1

Esse efeito é, quando um corpo usa sua força para empurrar algo, ao aplicar força para empurrar a parede ela não me empurra na minha mesma força aplicada, mas quando eu uso a minha força para empurrar alguém e ela me empurra, da mesma forma e força ...

PROBLEMA 2

Um caminhão está em movimento uniforme em uma estrada reta, com uma grande caixa solta na carroceria. O motorista, de repente, freia bruscamente para evitar um obstáculo. O que acontece com a caixa no momento em que o caminhão freia? Explique usando o conceito de inércia.

GRUPO A, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 2

A caixa, devido ao movimento abrupto do caminhão, irá se soltar e cair para fora, porém parado e inerte.

GRUPO B, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 1

GRUPO D, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 2

A caixa vai para frente, por que ela acompanha o movimento do caminhão “tudo que está em movimento tende a permanecer em movimento”.

PROBLEMA 3

Imagine que você está dentro de um trem parado em uma estação, com sua mala colocada no chão, ao seu lado. De repente, o trem começa a acelerar para a frente com uma aceleração de $1,5 \text{ m/s}^2$. A mala, com uma massa de 15 kg , não está presa ao chão. O que acontece com a mala no momento em que o trem começa a acelerar? Use a Primeira Lei de Newton para explicar. Qual é a força necessária para que a mala se mantenha em repouso em relação ao trem?

GRUPO A, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 3

De acordo com a Lei de Inércia, a tendência da mala é ser empurrada para trás se nada a segura.

$$F = m \cdot a$$

$$F = 15 \cdot 1,5 = 22,5$$

GRUPO B, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 3

$$15 \div 1,5 = 10 \text{ m/s}^2$$

GRUPO D, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 3

m

15

a

$$1,5 \text{ m/s}^2$$

$$F = 22,5$$

PROBLEMA 4

Supomos que uma pessoa está em pé em um skate e empurra uma parede, nessa situação surgem forças de ação e reação. Onde foi aplicada a força de ação? e a de reação?

GRUPO A, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 4

Com o empurrão na parede, foi-se aplicada uma força contrária e com a pessoa em cima de um skate, ela se moveu para trás.

GRUPO B, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 4

Ação – Ato de empurrar a parede e pegar aceleração com o skate.

Reação – Parede – A força volta

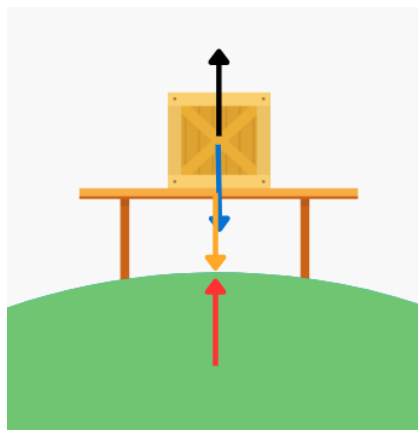
GRUPO D, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 4

a ação é do skatista de empurrar a parede.

a reação foi a parede empurrar o skatista de volta.

PROBLEMA 5

Considere a figura na seguinte situação: Uma caixa sobre uma mesa na superfície da Terra e as setas coloridas representam forças. Há pares de forças de ação e reação representados na figura? Indique quais cores correspondem as forças de ação e reação entre a mesa e o bloco.

**GRUPO A, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 5**

Preta: Força de massa

Azul: Força de reação na mesa

GRUPO B, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 5

Preta: reação da mesa

Azul: reação da terra

Amarelo: caixa sobre a mesa

Vermelho: reação da caixa/mesa

GRUPO D, r.e - Jogo Serpentes e Escadas - problema 5

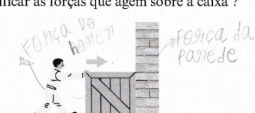
A seta preta é a reação

a ação é a seta azul

APÊNDICE D - Questionários de Conhecimentos Prévios

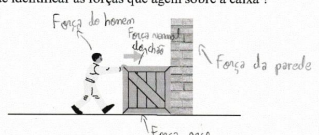
Questionários de Conhecimentos Prévios do grupo A

- Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?
O corpo não pode acompanhar o movimento pois seu peso é bem fácil de manipular e sofrer com movimentos do terceiro, como o ônibus.
- Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1- O carrinho está em repouso.
Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?
Situação 2, pois o carrinho está em movimento e ele precisa manter um equilíbrio, força pra não perder a capacidade da movimentação do corpo. SIM, Situação 2
- O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?
Força resultante é a soma de todos os objetos e a aceleração gerada. Se a força resultante for diferente de zero o objeto começará a se mover na direção da soma aplicada.
- Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



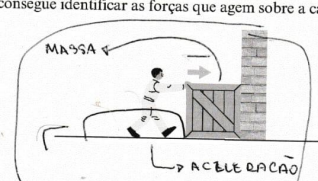
há força de empurrão a força que está sendo aplicada para empurrar a caixa

- Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?
O corpo não pode acompanhar o movimento, pois seu peso é bem fácil de manipular e sofrer com movimentos do terceiro, como o ônibus.
- Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1- O carrinho está em repouso.
Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?
Acredito que seja a primeira situação; o corpo do carrinho está parado por si só. Uma pressão exercida contra determinado corpo. Sim, na situação 2.
- O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?
Força resultante seria a soma de todas as forças que agem sobre um objeto. Podendo tanto ser zero (objeto uniforme) como não nula (objeto muda de velocidade).
- Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



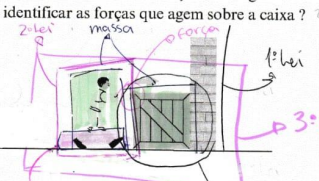
Questionários de Conhecimentos Prévios do grupo B

- Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?
Meu corpo vai entrar em movimento. Isso acontece por conta da 1ª Lei de Newton. Ao acelerar tende a ficar parado e ao frear tende a entrar em movimento.
- Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1- O carrinho está em repouso.
Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?
O carrinho está em constante com a gravidade
- O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?
3ª Lei de Newton afirma que a força vai e volta. Tudo que recebe uma força, a força volta na mesma intensidade
- Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



F = \frac{M}{A}

- Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?
Quando um corpo está em movimento, ele tende a ficar assim até que algo o pare. Isso funciona com o nosso corpo, ao acelerar e ao frear.
- Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1- O carrinho está em repouso.
Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?
2ª Lei
- O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?
caso alguém empurre o carrinho, ele vai continuar com a mesma velocidade até a gravidade o fazer parar. força seria massa . aceleração (= força) a situação 2 é um exemplo de força = massa . aceleração (= força)
- Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



Força = massa . aceleração

- Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?
meu corpo vai para frente por causa da primeira lei de Newton, ao acelerar tende a ficar parado, ao frear, a ficar em movimento.
- Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1- O carrinho está em repouso.

Questionários de Conhecimentos Prévios do grupo D

- 1 Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

O meu corpo vai para frente. Isso acontece porque toda ação tem uma reação (3ª lei de Newton).

- 2 Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1 - O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

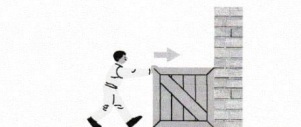
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?

Os dois carrinhos estão em equilíbrio, porque o carrinho que está em repouso sempre ficará em repouso, e o carrinho que está em movimento sempre continuará em movimento.

- 3 O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

Não entendo muito, se uma força resultante aplicada em um objeto em repouso, ele se tornará um objeto em movimento.

- 4 Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



Não consigo identificar.

- 1 Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

* meu corpo vai involuntariamente para frente. * pelo fato de o ônibus estava em movimento e meu corpo parado, assim que acabou o movimento, com a frenagem, meu corpo que estava parado sofre a reação pela ação da frenagem e pela falta do movimento.

- 2 Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:
Situação 1 - O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

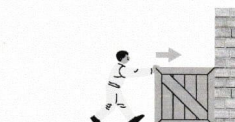
Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta? Pra você o que é força? em alguma das situações há presença de força na direção do movimento?

1 - A primeira situação. 2 - pois o carrinho totalmente parado fica em equilíbrio. 3 - não sei 4 - sim, na segunda situação.

- 3 O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

* A força resultante é quando você utiliza a força e tem um resultado, por exemplo: o movimento. * O movimento desse objeto.

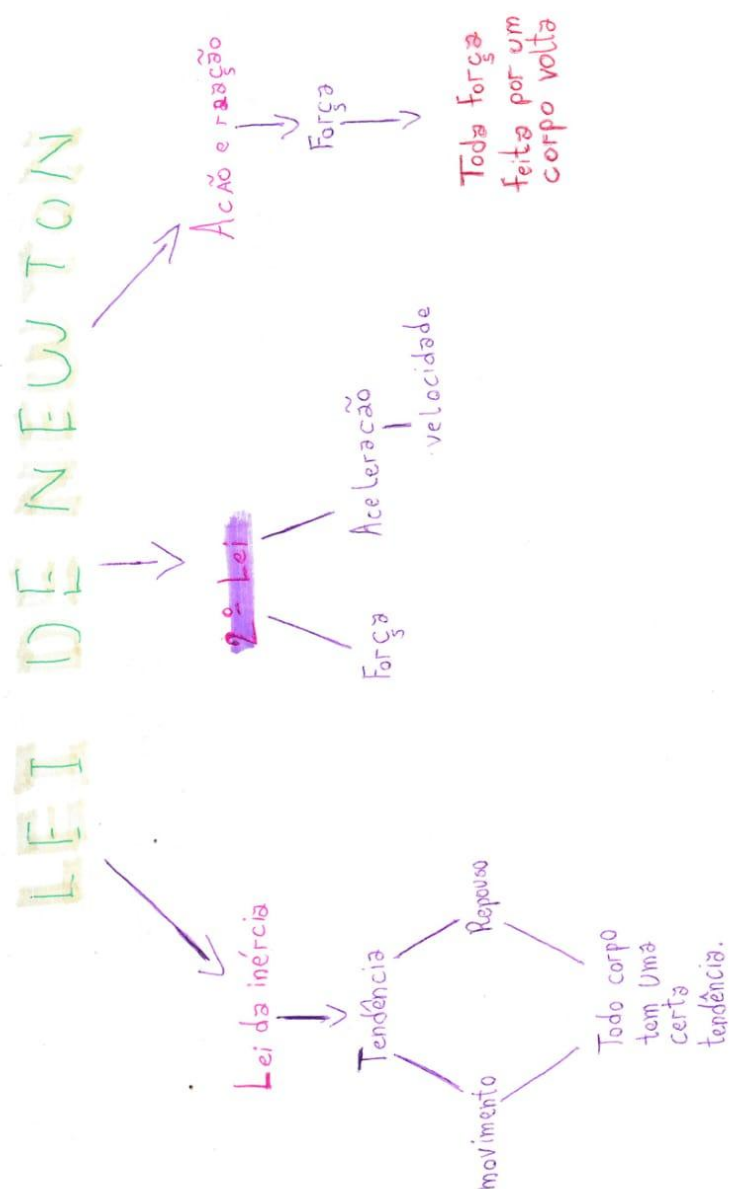
- 4 Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa?



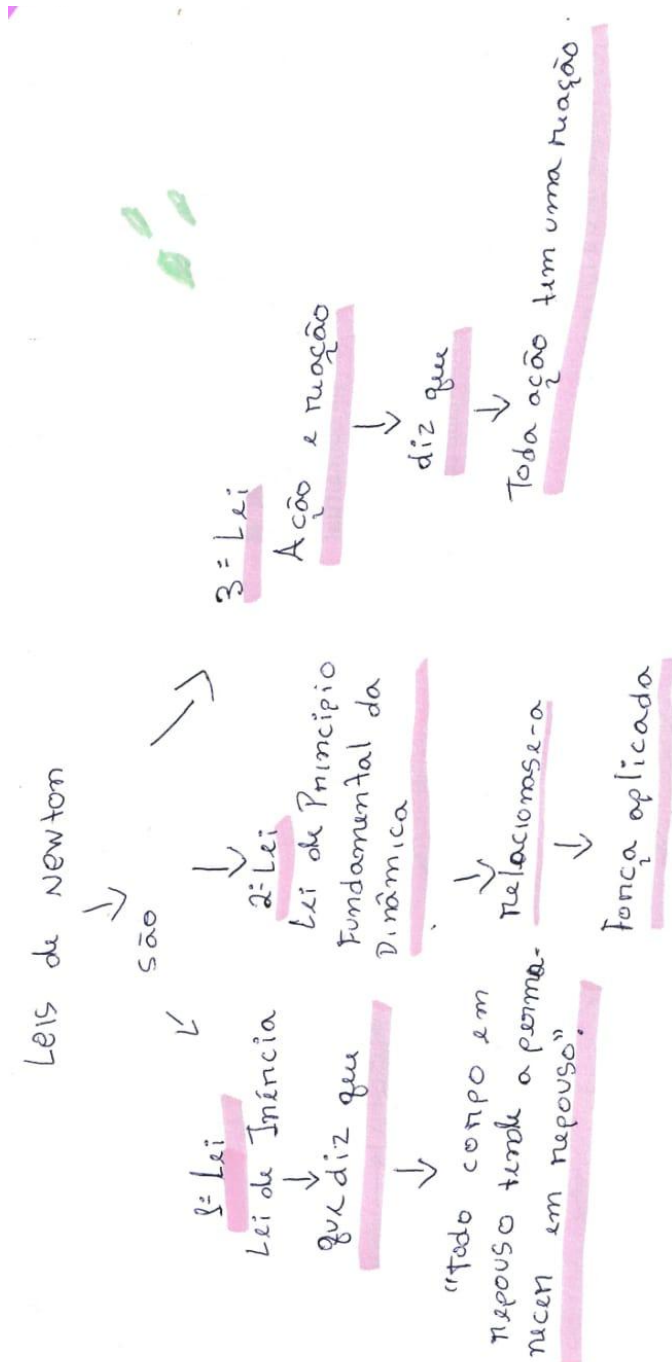
* Sim, A força que o homem faz para empurrar a caixa e a força que a parede faz para segurar a caixa. Homem na caixa.

APÊNDICE E - Mapas Conceituais digitalizados

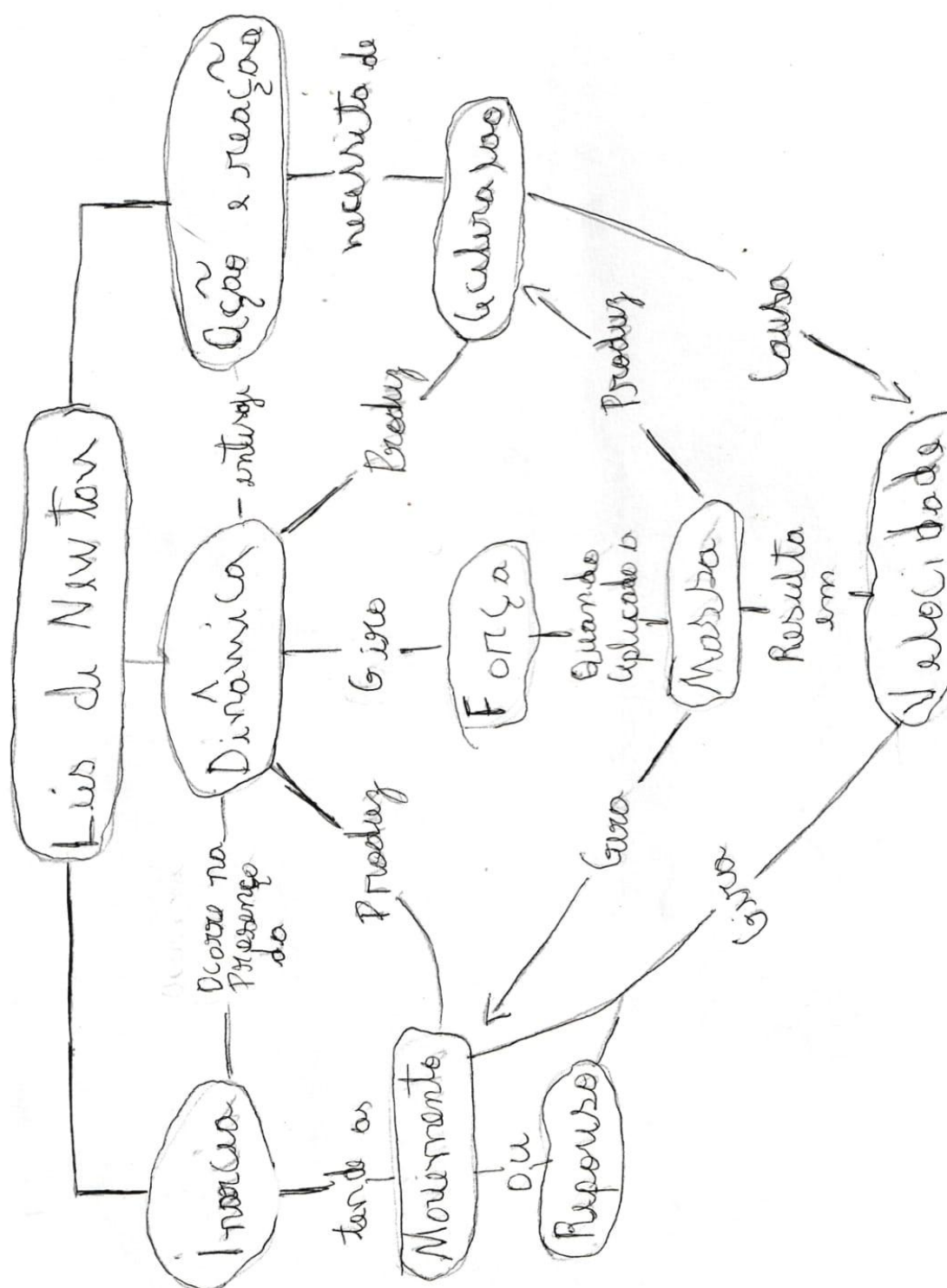
Mapa Conceitual do Grupo A



Mapa Conceitual do Grupo B



Mapa Conceitual do Grupo D



APÊNDICE F

Sequência didática gamificada à luz da Teoria da Aprendizagem

Significativa: Desafios Newtonianos

FLÁVIO VIANA MORAIS
CÉLIO AÉCIO MEDEIROS BORGES



DESAFIOS NEWTONIANOS

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA

START



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ-UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO COORDENADORIA
GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
POLO 26

PRODUTO EDUCACIONAL

DESAFIOS NEWTONIANOS

Uma sequência didática gamificada potencialmente significativa

Teresina
2025

Flávio Viana Moraes
Célio Aécio Medeiros Borges

DESAFIOS NEWTONIANOS

Uma sequência didática gamificada potencialmente significativa

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA PARA O ENSINO DE LEIS DE NEWTON À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 26 – UFPI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

Teresina
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores do mestrado profissional no ensino de Física, colegas de turma, amigos e familiares que me apoiaram durante essa jornada. Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), cujo apoio financeiro foi fundamental para a realização deste trabalho. A todos vocês, meu mais sincero obrigado.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	6
2. BREVE FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	9
2.2. GAMIFICAÇÃO	10
2.3. O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?	11
3. DESAFIOS NEWTONIANOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	12
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

APRESENTAÇÃO

Caríssimo (a) professor (a), vos convido a conhecer este produto educacional em formato de sequência didática, destinada aos anos finais do Ensino Fundamental, com a pretensão de auxiliar em um ensino que favoreça uma aprendizagem potencialmente significativa das leis de Newton. Este produto contém o passo a passo para aplicação de uma sequência didática baseada em Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Marco Antonio Moreira, aliada a Gamificação como ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem.

Assim, aliando a Gamificação com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), este produto tem como objetivo servir de ferramenta de apoio para professores na implementação de estratégias de ensino que favoreçam a aprendizagem potencialmente significativa. Portanto, o processo de aplicação do produto é pensado para que as atividades gamificadas permeiem todo o processo e envolvam o todo o conteúdo objeto de ensino. Desse modo, pretende-se contribuir com a superação da aprendizagem puramente mecânica e minimizar a falta de interesse dos aprendizes pela disciplina.

BREVE FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



BREVE FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Caros professores, esse produto se fundamenta na Gamificação aliada a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Essa teoria, em conjunto com a Gamificação, pode proporcionar uma experiência de aprendizagem envolvente e motivadora, facilitando a ocorrência de uma aprendizagem significativa pelos alunos.

Começamos com uma breve descrição da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2000) e a perspectiva de Moreira (2011), logo em seguida temos uma seção sobre a Gamificação, entendida aqui como uma ferramenta de facilitação de aprendizagem, pois, no contexto educacional pode contribuir no engajamento dos estudantes.

Por fim, apresentamos uma seção para descrever o tipo de produto desenvolvido. Optamos por nos basear em uma UEPS, proposta por Moreira (2011), que é uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, criada para facilitar a aprendizagem significativa.



TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Moreira (2012), a aprendizagem significativa ocorre quando as ideias prévias relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno interagem com novas ideias de forma não arbitrária proporcionando a construção de um conhecimento mais duradouro, isto é, esse tipo de aprendizagem se estabelece nessa interação com o que o aluno já sabe, mas de forma intencional e com significado para o aluno. Esses conhecimentos relevantes são conhecidos na teoria de Ausubel como subsunçores ou ideias-âncora. Esses servem como base para a atribuição de novos significados ao novo conhecimento.

Para Ausubel (2000), a aprendizagem significativa exige duas condições: um mecanismo de aprendizagem significativa e um material potencialmente significativo. O material potencialmente significativo, no entanto, deve estar relacionado, de forma não arbitrária e lógica, a estrutura cognitiva relevante e apropriada do aprendiz, ou seja, deve constituir um sentido lógico para aquele que se propõe a aprender. Outro ponto chave é que a estrutura cognitiva do aprendiz contenha ideias ancoradas apropriadas, essas ideias prévias se relacionam com as novas ideias dando origem a novos conhecimentos mais consolidados propiciando a aprendizagem significativa.

Na perspectiva de Costa e Verdeaux (2016), a gamificação, apoiada pela teoria de Ausubel, pode ser usada como ferramenta para construir material didático potencialmente significativo. Ambos os referenciais convergem em determinado aspecto: a Teoria da Aprendizagem Significativa, assim como na Gamificação aplicada a educação, prega a organização sequencial de conteúdos levando em conta o corpo estruturante de cada área e os conhecimentos prévios no processo de ensino-aprendizagem.

Veremos na próxima seção do que se trata a Gamificação e que pontos dessa ferramenta estão em consonância com a teoria aqui exposta.

GAMIFICAÇÃO

De acordo com Silva, Sales e Castro (2019), a Gamificação usa elementos de jogos para alcançar objetivos específicos, alguns desses elementos são: voluntariedade, regras, objetivos e *feedbacks*. A voluntariedade é a aceitação das regras, o objetivo direciona o participante e as regras guiam o comportamento do jogador. Os *feedbacks* informam o jogador sobre seu estado atual no jogo.

A Gamificação é uma abordagem que utiliza elementos de jogos em contextos não-jogos para promover motivação, engajamento e aprendizado. Nesse sentido, a Gamificação envolve a criação de ambientes que favorecem o engajamento, com indivíduos resolvendo desafios abstratos definidos por regras e interatividade (BUSSARELLO, 2016)

Esse engajamento é favorecido por meio do uso das mecânicas que são as regras que contribuem para o engajamento, da estética que se refere à experiência do usuário e do pensamento em jogos, considerado o atributo mais importante, envolve a transformação de uma atividade monótona em algo motivador e desafiador, aplicando elementos de exploração, competição, cooperação e narrativa.

Em um contexto educacional, na gamificação, há a preocupação com a estruturação de fases de acordo com o nível de conhecimento e habilidades dos alunos, ou seja, cada nível subsequente depende do conhecimento e habilidades adquiridos na fase anterior, é um ponto em comum com as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. Portanto, esta combinação pode ser uma estratégia eficaz para tornar o aprendizado mais envolvente e significativo para os alunos.

O QUE É UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA?

O termo sequência didática é definido como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de determinados objetivos educacionais com princípio e fim conhecidos por todos os agentes do processo de ensino-aprendizagem (ZABALA, 1998).

Para Ugalde e Roweder (2020), a sequência didática enquanto metodologia, organizada em diferentes momentos, contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem por seu caráter dinâmico, que possibilita a sequência de atividades e a socialização dos conhecimentos que os alunos irão utilizar para construir seus argumentos e que a proposta de ensino por meio de sequência didática se bem planejadas são enriquecedoras, pois possibilitam o professor apreender o conhecimento prévio do aluno, seu desempenho, e visualizar o que ainda precisa ser trabalhado para que se concretize a aprendizagem.

Nesse sentido, este produto é categorizado com uma sequência didática, mas baseada nos fundamentos da sequência de ensino proposta por Moreira (2011). Caso deseje se aprofundar ou conhecer em mais detalhes dessas unidades de ensino, dediquei um tópico específico à sua descrição em minha dissertação de mestrado, disponível no repositório da universidade.

Dissertação disponível em:

<http://repositorio.ufpi.br:8080/xmlui/handle/123456789/581>

DESAFIOS NEWTONIANOS

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA GAMIFICADA
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Em cada etapa desta sequência didática, apresentamos orientações sobre como abordar os conteúdos à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, além de propor atividades com elementos de gamificação. A sequência foi organizada em quatro momentos, cada um com sua função específica conforme o Quadro 1.

Quadro 1: resumo da divisão dos momentos de aplicação da sequência didática

MOMENTOS	FUNÇÃO	Nº DE AULAS
PRIMEIRO	Levantamento de conhecimentos prévios.	1
SEGUNDO	Introdução de conceitos.	2
TERCEIRO	Desenvolvimento em níveis progressivos de complexidade e revisão dos conteúdos.	2
QUARTO	Avaliação.	1

Fonte: o autor

Nas próximas seções apresentamos o desdobramento de cada momento de aplicação desta sequência didática com aplicação das atividades em forma de desafios com elementos de jogos, isto é, atividades gamificadas.

PRIMEIRO MOMENTO

Apresentação da sequência didática e levantamento de conhecimentos prévios

Inicialmente, deve-se explicar para os alunos que a sala de aula se transformará em um ambiente gamificado, uma espécie de "jogo" (não necessariamente um jogo, mas um ambiente desenvolvido com elementos de jogos). Eles deverão superar desafios e podem ter acesso a um *ranking* e *feedbacks* disponibilizados por meio de plataformas como o *Google Classroom* ou até mesmo por meio de uma planilha no *Excel* onde serão registrados os pontos conquistados pelo conjunto de desafios concluídos.

Os alunos devem se organizar em grupos de 4 ou 5 alunos, ou uma determinada quantidade de pessoas definidas pelo professor de acordo com seu contexto educacional.

Nesta etapa investigaremos quais as ideias-âncora (conhecimentos prévios) relevantes para aprendizagem do conteúdo estão presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes. O levantamento dos conhecimentos prévios relevantes para a aprendizagem é feito, nesse momento, por meio de um questionário. Os dados obtidos na primeira aula serão utilizados nas etapas seguinte do processo para introdução e desenvolvimento do tema escolhido para a aula.

Aula 1:

Levantamento dos conhecimentos prévios

Público Alvo:

Alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Duração:

50 minutos.

Recursos:

Quadro, pincel, folha sulfite A4.

DESAFIO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS



Libere o primeiro desafio, que é a própria aplicação do questionário com a finalidade de verificar o que os alunos já sabem sobre as leis de Newton e sua relação com situações cotidianas. O objetivo do desafio é que cada aluno responda individualmente e exponha seus conhecimentos prévios sobre o tópico a ser estudado.

SELECT



OBJETIVOS: Averiguar quais os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos alunos em relação ao conteúdo de leis de Newton.



REGRAS: Fase e respostas individuais. Só pontua o grupo em que todos os integrantes tenham respondido a todas as questões propostas.



PONTUAÇÃO: A critério do professor



FEEDBACK: Comentários do professor depois das análises das respostas.



PRIMEIRO MOMENTO

DESAFIO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS



Questionário para levantamento de conhecimentos prévios sobre as Leis de Newton

(Versão para o professor)

1

Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

#Verificar conhecimentos prévios relevantes a respeito do conceito de inércia

2

Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:

Situação 1- O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Em alguma das situações há presença de força na direção do movimento? Pra você o que é força?

#Verificar conhecimentos prévios relevantes a respeito da relação entre força e movimento

3

O que você entende por força resultante? Qual será o efeito dessa força resultante sobre o movimento de um objeto?

#Verificar conhecimentos prévios relevantes a respeito da noção de força resultante.

4

Imagine que você está em um pequeno barco, você pula do barco e ele se move na direção oposta. Por que isso acontece?

#Verificar conhecimentos prévios relevantes a respeito da noção de forças de ação e reação.

DESAFIO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS



Aluno: _____

Série: _____

Turma: _____

1 Imagine que você esteja em pé em um ônibus em movimento e o motorista de repente freia bruscamente, o que acontece com o seu corpo? Você sabe explicar por que isso acontece?

2 Suponha que um carrinho de supermercado esteja em duas situações diferentes em relação ao solo:

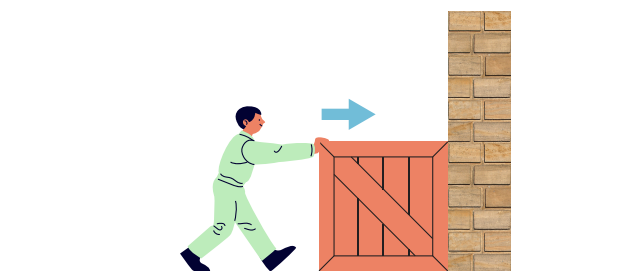
Situação 1- O carrinho está em repouso.

Situação 2 - O carrinho está em movimento em linha reta e com velocidade constante.

Em qual das situações o carrinho está em equilíbrio? explique sua resposta. Em alguma das situações há presença de força na direção do movimento? Pra você o que é força?

3 O que você entende por força resultante? Qual será o efeito de uma força resultante aplicada a um objeto em repouso?

4 Um caixa é empurrada sobre uma superfície sem atrito contra uma parede fixa como na situação da figura abaixo. Você consegue identificar as forças que agem sobre a caixa ?



SEGUNDO MOMENTO

Preparando o terreno para a introdução do conhecimento objeto de ensino.

Proposição de situações problema em nível introdutório envolvendo tópicos do assunto objeto de ensino e conhecimentos prévios dos alunos obtidos no momento anterior. Nessa etapa as situações servirão para dar sentido aos novos conhecimentos. Essas situações podem ser introduzidas por meio da aula expositiva dialogada, vídeos, problemas do cotidiano etc.

Aula 2: Introdução às leis de Newton

Sugestão: Inicie a aula com situações problema exploratória em nível introdutório partindo das ideias prévias dos alunos.

Por exemplo, sintetize e registre os conhecimentos prévios no quadro, depois, apresente as brevemente as Leis de Newton e, após cada explicação, retorne às situações discutidas, correlacionando-as com os novos conceitos. Estimule perguntas e crie momentos para que os alunos expliquem com suas palavras a relação das leis com os exemplos da aula.

Aula 2:
Introdução às leis de Newton

Público Alvo:
Alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Duração:
50 minutos.

Recursos:
Quadro, pincel, notebook, retroprojektor.

Aula 3 : Mapas Conceituais

A utilização de mapas conceituais em sala de aula pode ser uma ferramenta eficaz para avaliar o desenvolvimento dos alunos e favorecer a construção significativa de novos conceitos. Para isso, recomenda-se iniciar a atividade com uma breve explicação, de aproximadamente 10 a 15 minutos, sobre o que é um mapa conceitual, sua estrutura e objetivo. Nesse momento, é importante apresentar um exemplo simples, destacando os elementos principais: conceitos, palavras de ligação e proposições.

Os mapas conceituais são uma contribuição de Novak com fundamentos na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, mas não são apenas mapas de conceitos, são diagramas de significados, de relações significativas que indicam conceitos, palavras e as relações existentes entre eles em uma hierarquia conceitual no qual os conceitos principais ficam no topo do mapa (MOREIRA, 2017).

Aula 2:

Explicação sobre como fazer mapas conceituais e liberação do Desafio 2

Público Alvo:

Alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Duração:

50 minutos.

Recursos:

Quadro, pincel, folha de papel sulfite A4

Eles são formado por conceitos, geralmente escritos em caixas, e palavras de ligação que unem os conceitos com linhas, formando frases com sentido (NOVAK; CAÑAS, 2006). O conceito central fica no topo, e os outros vão sendo ligados de acordo com sua relação com os conceitos principais. Esse tipo de atividade ajuda a entender melhor o que já sabemos e como as novas informações se conectam.

Na próxima seção apresentamos uma sugestão de atividade gamificada e em seguida um modelo de atividade junto a um exemplo de mapa conceitual.



DESAFIO 2 - MAPA CONCEITUAL

O desafio é montar um mapa conceitual com conteúdo da aula.

SELECT



OBJETIVOS: Compreender e saber comunicar sobre o conteúdo das Leis de Newton.



REGRAS: Cada grupo deve construir seu mapa conceitual.

O mapa conceitual deve abranger o conteúdo das 3 leis de Newton.



PONTUAÇÃO: A critério do professor



FEEDBACK: Dado professor ao longo e depois da atividade. Os feedbacks nesta etapa podem ser ao longo da atividade com intuito de guiar os aprendizes na construção dos mapas conceituais



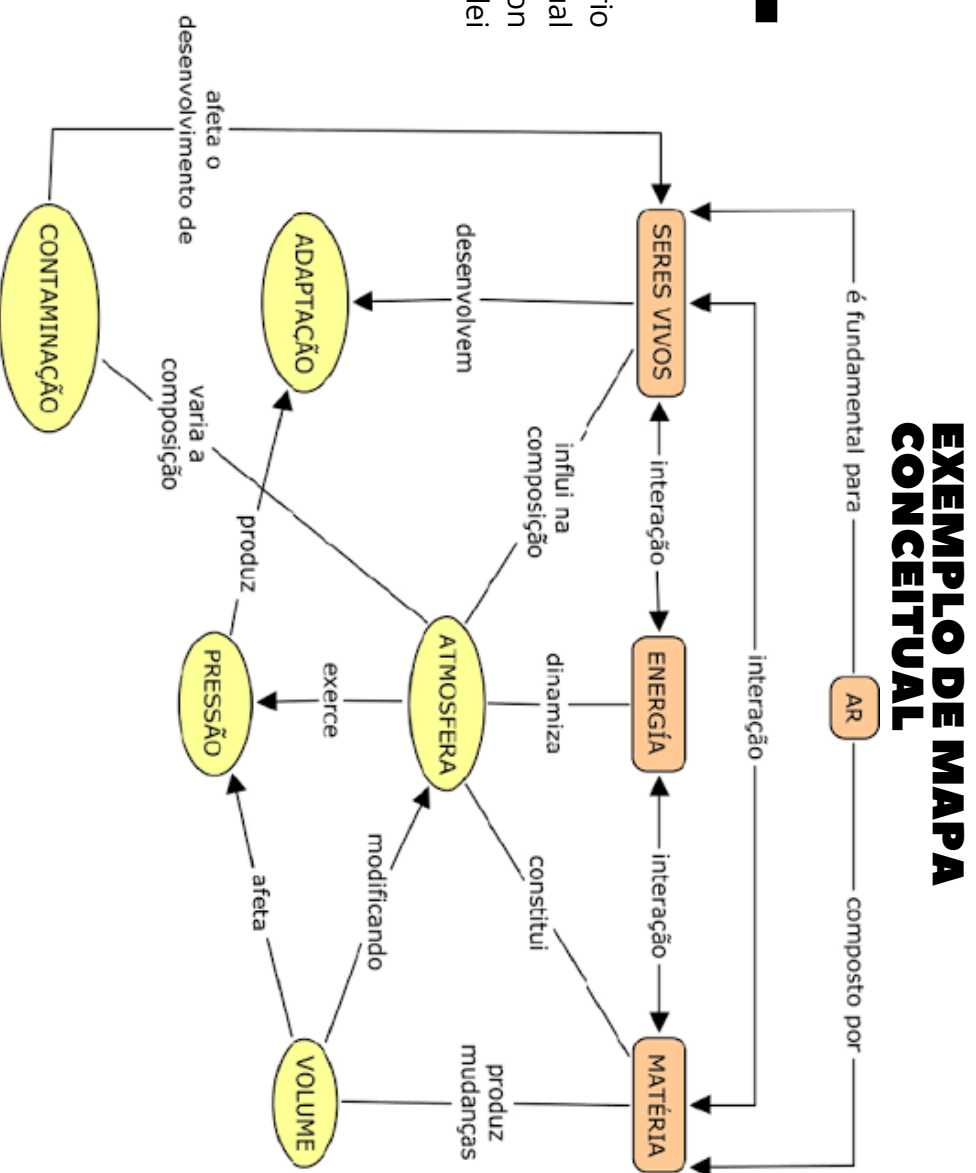
DESAFIO Nº 2

MAPA CONCEITUAL

O desafio é montar um mapa conceitual com conteúdo da aula.

Regras: Cada grupo deve construir seu próprio mapa conceitual com base no mapa conceitual exemplo, mas abordando as 3 leis de Newton com pelo menos um exemplo de como cada lei se apresenta no cotidiano.

Pontuação:



Fonte: Moreira (2010). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora.

TERCEIRO MOMENTO

DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO EM NÍVEIS PROGRESSIVOS DE COMPLEXIDADE.

Neste momento ocorre a apresentação do conteúdo de ensino, considerando a **diferenciação progressiva e a reconciliação integradora**: os conteúdos são abordados, inicialmente, levando em conta os conhecimentos prévios levantados na primeira atividade em diferentes contextos, ou diferentes perspectivas para que em seguida seja feita uma síntese relacionando todos as diferentes perspectivas e contextos. Esse desenvolvimento deve ser feito em níveis progressivos de complexidade.

Aula 3, 4 : As Leis de Newton

Abordagem dos tópicos de forma mais geral e inclusiva e logo em seguida propor situações problema em maior nível de complexidade. No início de cada tópico o professor deve, estimular a exposição de perspectivas dos alunos sobre o tema partindo de aspectos mais gerais para situações-problema mais complexos e específicos.

Aula 3 e 4:
As Leis de Newton

Público Alvo:
Alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Duração:
100 minutos.

Recursos:
Quadro e pincel, folha de papel sulfite.

A Primeira Lei de Newton

Sugestão: Comece a aula com uma pergunta para estimular os alunos a refletirem sobre as suas concepções prévias a respeito do tema da aula, mas em uma situação um pouco diferente da anteriormente proposta: “*O que acontece com o corpo de vocês quando o ônibus em que estão parados começa a se mover de repente?*” Registre algumas resposta no quadro, depois retome o assunto agora apresentando a primeira lei de Newton de forma geral, relacione-a com as respostas dos alunos e depois parta outra situação mais específica.

A Segunda Lei de Newton

Sugestão: comece com uma pergunta para ativar o conhecimento. Tendo como referência as respostas dos problemas do questionário de conhecimento prévio estimule uma discussão a respeito dessas concepções.

Logo em seguida explique a Segunda Lei de Newton, aborde o tema correlacionando-o com as respostas dos alunos e evidenciando as relações entre força resultante e movimento, as relações de proporcionalidade entre força, massa e aceleração e sua forma matemática. Discuta também sobre os diferentes tipos de força.

Exemplos de situações-problema

Situação nível 1 – Pergunte: “Se um carro e uma moto partem do repouso e ambos recebem uma mesma força para se mover, quem acelera mais? Como a massa de cada um influencia esse movimento?”

Aqui, incentive a discussão sobre como a força aplicada resulta em diferentes acelerações dependendo da massa.

Situação nível 2 - Considerando a mesma situação anterior dê a massa e a força aplicada para cada veículo e peça que calculem as respectivas acelerações usando a formulação matemática.

Isso os ajuda a aplicar a lei de forma prática e a comparar os resultados obtidos.

Situação nível 3 – Aborde a situação adicionando ainda mais complexidade, por exemplo, adotando um valor $g = 10 \text{ m/s}^2$ como a aceleração da gravidade, peça para que os alunos digam qual é o peso em cada um dos veículos, e qual a diferença entre peso e massa e o quais as influências dessas grandezas no movimento horizontal dos veículos.

Isso os ajuda a diferenciar massa de peso e começar a entender que como essas grandezas e outras forças presentes na situação podem ou não influenciar no movimento.

A Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)

Sugestão:

Proponha uma situação em um nível mais básico, buscando sempre entender como os estudantes pensam a respeito daquela situação e vá progressivamente aumentando a complexidade das situações-problema.

Posteriormente tente promover uma integração dos conceitos anteriormente estudados com o da Terceira Lei de Newton, isso deve proporcionar uma aprendizagem potencialmente significativa, pois leva os aprendizes a construir um entendimento mais consolidado e preciso dos conteúdos em diversos contextos.

Exemplos de situações-problema

Situação nível 1

Comece com base nos conhecimentos prévios coletados no problema referente a este conteúdo, neste caso, o problema 4 do desafio 1. Estimule a discussão sobre quais forças estão envolvidas, por exemplo, na situação em que alguém empurra uma caixa contra a parede.

Identifique, junto aos alunos, todas as forças e evidencie os pares ação e reação dando ênfase a diferença entre eles.

Situação nível 2

Introduza a situação problema em um contexto com mais complexidade, mas não muito diferente do anterior:

Supomos que uma pessoa está em pé em um skate e empurra uma parede, nessa situação surgem forças de ação e reação.

Pergunta: o que vocês acham que vai acontecer com o conjunto skate + pessoa? Onde foi aplicada a força de ação da pessoa? e a reação?

Essa situação serve para discutir e dar ênfase a ideia de que pares de ação e reação nunca são aplicados no mesmo corpo.

Situação nível 3

Considere o contexto da situação nível 2, mas agora temos uma pessoa em pé em um skate, que está em uma superfície sem atrito com uma bola de basquete em mãos, ela joga a bola para frente.

Pergunte: O que vocês acham que acontece? e por que?

Oriente os alunos a perceberem que ao lançar a bola para frente, o aluno aplica uma força sobre ela, e, de acordo com a Terceira Lei de Newton, a bola aplica uma força igual e oposta sobre o aluno, empurrando-o para trás. Aproveite para relacionar com as outras leis de Newton, abordando pontos como a mudança de estado de repouso e movimento retilíneo com velocidade constante devido a lei da inércia.

QUARTO MOMENTO

AATIVIDADE FINAL AVALIATIVA

Neste momento teremos uma atividade gamificada projetada para avaliar e exercitar os conhecimentos obtidos durante as aulas, com uso de um jogo *board game* adaptado com a implementação de exercícios, sobre o assunto abordado na aula, em níveis progressivos de complexidade.

Após fazer uma conta e login na plataforma, temos acesso a uma variedade de modelos prontos para edição e também a possibilidade de criar seu próprio jogo. O jogo escolhido para essa fase da sequência didática foi o SNAKES AND LADDERS que consiste em um jogo de tabuleiro onde os jogadores rolam um dado D6 (6 faces) e avançam casas em uma quantidade correspondente ao valor obtido no lançamento do dado podendo encontrar pelo caminho serpentes ou escadas.

Aula 6:

Jogo Serpentes e Escadas

Público Alvo:

Alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

Duração:

50 minutos.

Recursos:

quadro, folha de papel sulfite, pincel, notebook, retroprojektor.

Figura 1: pagina inicial da plataforma GENIALLY.



Fonte: <https://genially.com/pt-br>

AULA 6: ATIVIDADE FINAL GAMIFICADA

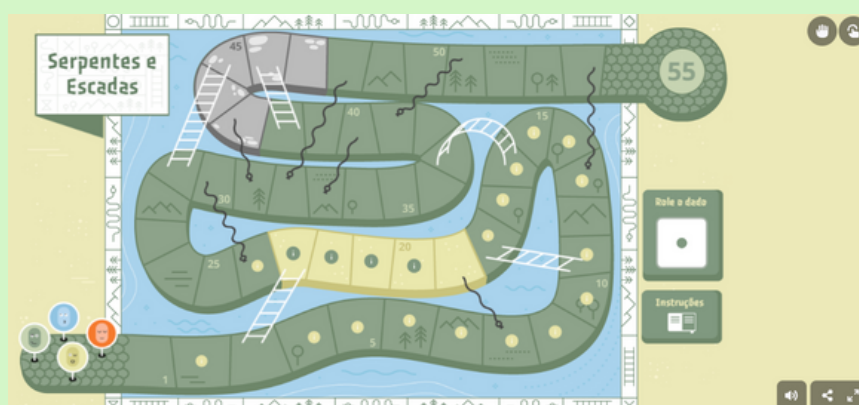
DESAFIO 3 : SNAKES AND LADDERS (SERPENTES E ESCADAS)



Nesse desafio os times deverão participar de um board game adaptado aos objetivos educacionais e relacionado ao tópico da aula na plataforma GENIALLY. Para editar a atividade gamificada e adaptar às necessidades educacionais da turma, o professor deve acessar o site (<https://genially.com/pt-br>) da plataforma e criar uma conta ou entrar com a sua própria conta do google. A plataforma oferece uma variedade de modelos de jogos que podem ser editados de forma simples e intuitiva.

SELECT

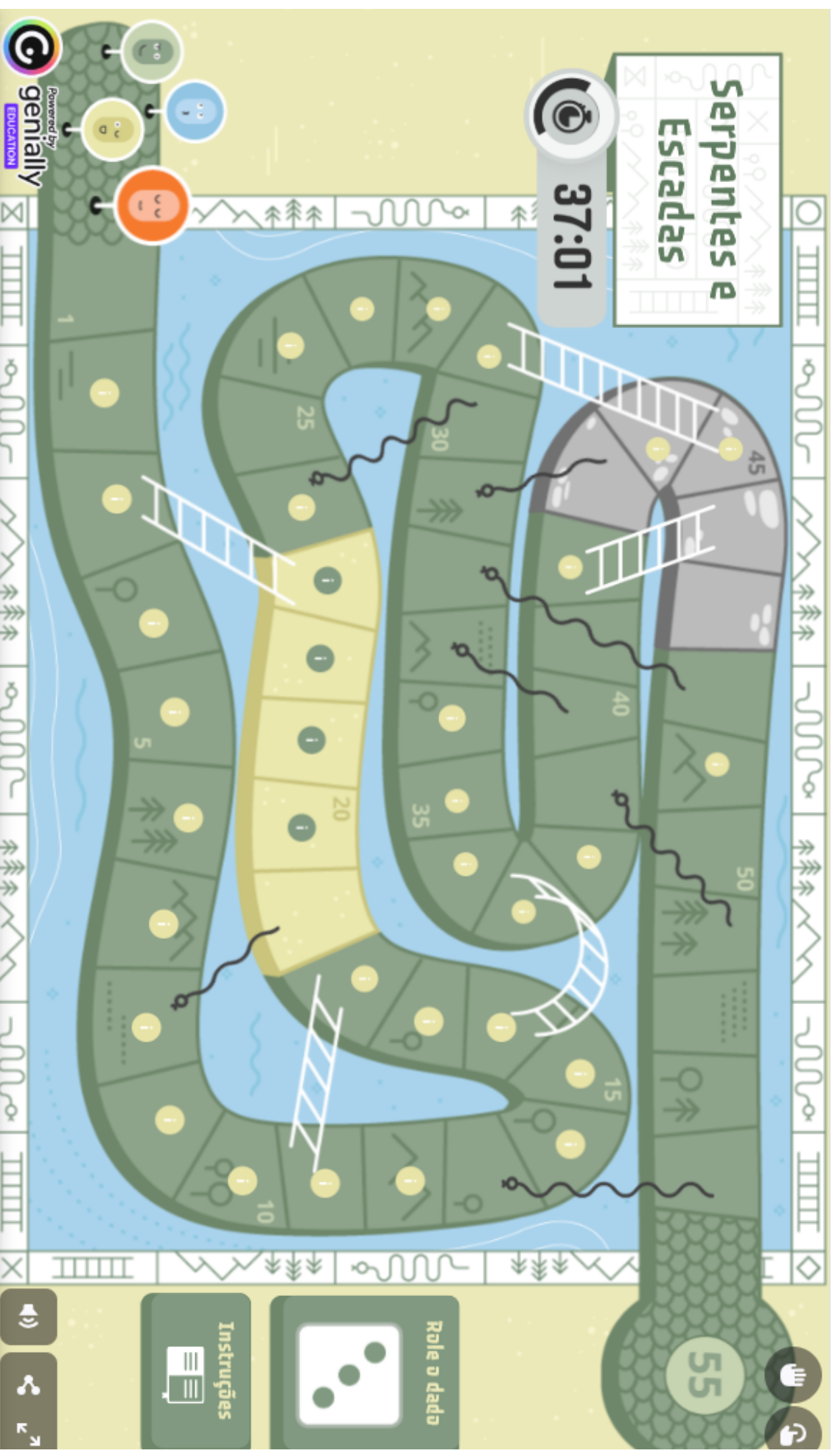
Figura 2: Tela de jogo na plataforma GENIALLY.



Link do jogo:

<https://view.genially.com/66e0600251956d44d7f88910/interactive-content-serpentes-e-escadas-2a-lei-de-newton>

FIGURA 3 - TELA DO JOGO SERPENTES E ESCADAS





OBJETIVOS: entender como aplicar as leis de Newton. Promover habilidades de liderança e responsabilidade. Promover a colaboração e a comunicação eficaz dentro da equipe, pois os alunos precisam trabalhar juntos para avançar e completar o desafio.



REGRAS: As equipes começam com uma ficha – que representa cada uma delas – no quadrado inicial e se revezam no lançamento do dado. As fichas se movem de acordo com a numeração do tabuleiro, em ordem crescente. Se, no final de um movimento, a equipe pousar num quadrado onde começa uma escada, ele sobe até ao quadrado onde termina. Se, por outro lado, elas pousarem em um quadrado onde começa a cauda de uma cobra, elas descem até o quadrado onde termina sua cabeça. Se um a equipe tirar um 6, ela pode se mover duas vezes em um único turno. Se uma equipe lançar três 6 consecutivos, ela deverá retornar ao quadrado inicial e não poderá mover sua ficha até que lance um 6 novamente. A equipe que chegar à casa final é a vencedora. Se uma equipe estiver a seis ou menos casas do final, deve lançar precisamente o número necessário para alcançá-la. Se o número lançado exceder o número de quadrados restantes, o jogador não poderá se mover.



PONTUAÇÃO: Sugestão: o primeiro, segundo e terceiro colocados obtêm 100, 90, 80 pontos, respectivamente, pela atividade. O restante das equipes que ficarem fora dos 3 primeiros lugares recebem 70 pontos.



FEEDBACK: Pontuação no ranking, dicas de resolução dos problemas no decorrer da intervenção.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os professores interessados em utilizar este recurso em suas aulas, recomendamos que o professor, antes de implementar as atividades, familiarize-se com as plataformas online como a *GENIALLY*. Essas plataformas permitem a criação de várias atividades gamificadas que podem ser usadas como desafios em cada etapa do processo de ensino. Adapte as atividades para suas necessidades, as atividades propostas neste produto educacional são flexíveis e podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de sua turma. Sinta-se à vontade para modificar as atividades conforme necessário.

Esperamos que este produto educacional possa ser uma ferramenta valiosa ao seu repertório de ensino, pois, com a implementação adequada, esse produto pode ajudar a criar uma experiência de aprendizagem mais envolvente e significativa para os alunos.

REFERÊNCIAS

BUSARELLO, R. I. Gamification: princípios e estratégias. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.

M.A. Moreira, Aprendizagem Significativa em Revista 1, 2 (2011).

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

MAZETI, Lucas Jesus Bettiol. Sequência Didática: Uma alternativa para o ensino de acústica no Ensino Médio. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2017.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. The theory underlying concept maps and how to construct them. **Florida Institute for Human and Machine Cognition**, v. 1, n. 1, p. 1-31, 2006.

SILVA, J. B. d.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. d. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. SciELO Brasil, v. 41, 2019.

UGALDE, M. C. P; ROWEDER, C. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. *Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)*, v. 6, Edição Especial, e099220, 2020

ZABALA, Antoni. A prática educativa como ensinar. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Reimpressão 2010. Porto Alegre: Artmed, 1998.