



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**ELEMENTOS DOS JOGOS APLICADOS A UM MATERIAL  
INSTRUCIONAL SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA DE  
PROBLEMAS FÍSICOS SOB A ÓTICA DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**THIAGO MACHADO DA COSTA**

**BRASÍLIA – DF  
2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Faculdade UnB Planaltina

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**ELEMENTOS DOS JOGOS APLICADOS A UM MATERIAL  
INSTRUCIONAL SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA DE  
PROBLEMAS FÍSICOS SOB A ÓTICA DA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**Thiago Machado da Costa**

**Brasília – DF  
2014**



# **UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Faculdade UnB Planaltina

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

## **ELEMENTOS DOS JOGOS APLICADOS A UM MATERIAL INSTRUCIONAL SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA DE PROBLEMAS FÍSICOS SOB A ÓTICA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**Thiago Machado da Costa**

Dissertação realizada sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima da Silva Verdeaux a ser apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração “Reformulação curricular, Estratégias e Recursos instrucionais”, pelo programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

**Brasília – DF  
2014**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

THIAGO MACHADO DA COSTA

**Título do trabalho: Elementos dos jogos aplicados a um material instrucional sobre modelagem matemática de problemas físicos sob a ótica da teoria da aprendizagem significativa**

Projeto de defesa de dissertação apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração “Reformulação curricular, Estratégias e Recursos instrucionais”, pelo programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 03 de julho de 2014.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima da Silva Verdeaux  
(Presidente)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Mendes Guimarães  
(Membro interno vinculado ao programa – UnB/ Planaltina)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliana dos Reis Nunes  
(Membro interno não vinculado ao programa – IF/UnB)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos aqueles que foram meus estudantes, formal ou informalmente. Eles são o motivo pelo qual busco ser o melhor professor do mundo.*

## AGRADECIMENTOS

*Ao ser superior que se mostra nas diversas manifestações da natureza, por tê-la feito tão perfeita e infinita.*

*Aos meus pais, Márcia Cristina Machado da Costa e Leocir da Costa, pelo ininterrupto apoio dado em todos os momentos da minha vida, principalmente a partir da preocupação em prover e incentivar da melhor forma os meus estudos.*

*Aos meus avós, Zélia Lopes Trindade e José Machado Lopes (in memorian), e à minha tia, Zélia Machado, pela constante presença e acolhida, fatores decisivos na minha formação como pessoa.*

*Aos meus irmãos, pelo companheirismo e momentos de distração.*

*À minha orientadora Fátima Verdeaux que, além de guiar meu caminho acadêmico durante essa jornada, foi, acima de tudo, amiga, quase mãe.*

*Aos meus amigos, pela compreensão da necessidade da minha ausência em alguns momentos os quais me dediquei a este trabalho e pela força que sempre me deram para que ele fosse concluído com êxito.*

*Aos membros e professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, pela presteza e conhecimentos compartilhados.*

*Ao Centro Educacional Stella Maris, pelo apoio prestado à minha formação e desenvolvimento profissional.*

## RESUMO

Estudos feitos em todo o território brasileiro têm mostrado a ineficiência dos livros didáticos em possibilitar o acesso autônomo dos estudantes aos conteúdos de Física. A partir dos apontamentos dos estudantes em relação a esse aspecto, foi proposta a elaboração de um material instrucional e a formulação de uma sequência didática a partir do uso da mecânica de jogos. Partindo-se dos pressupostos da *gamificação*, aliadas às premissas da Teoria da Aprendizagem Significativa, foi feita uma intervenção a fim de tornar o aprendizado da física mais motivador e incentivador da tomada de consciência do aprendiz em relação ao próprio processo de aprendizagem. Para verificar essa ocorrência, estudantes de uma instituição de ensino particular de Brasília foram divididos em dois grupos, um dos quais foi submetido à proposta pensada. A aplicação de testes indicou um bom crescimento conceitual do Grupo Experimental em relação ao Controle, principalmente no que diz respeito às estratégias de resolução de problemas, enquanto os questionários de opinião revelaram a validação da proposta pelos estudantes.

Palavras-chave: ensino de física, *gamificação*, material didático.

## ABSTRACT

Studies throughout the Brazilian territory have shown the inefficiency of textbooks in enabling autonomous student access to the contents of Physics. From the notes of the students in relation to this aspect, the development of an instructional material and formulating an instructional sequence from the use of game mechanics was proposed. Starting from the assumptions of *gamification*, allied to the assumptions of the Theory of Meaningful Learning, an intervention was made in order to make learning more motivating and encouraging physical awareness of the learner in relation to the learning process itself. To verify this occurrence, students of a private educational institution in Brasília were divided into two groups, one of which underwent designed proposal. The application of tests indicated a good conceptual growth in the experimental group compared to control, especially with regard to the strategies of problem solving, whereas the questionnaires have revealed the validation of the proposal by the students.

Keywords: physics learning, educational material, *gamification*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: A aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel (MOREIRA, 2006, p.2) .....	41
Figura 2: Resposta e justificativa dada por um aluno do Grupo Experimental. ....	81
Figura 3: Anotações deixadas por uma aluna do Grupo Experimental evidenciando o raciocínio desenvolvido.. ....	81
Figura 4: Teste de uma aluna do Grupo Experimental que utilizou a função encontrada no item I para responder ao item II.....	84
Figura 5: Teste de uma aluna do Grupo Experimental para o qual houve a identificação das variáveis, porém interpretação errada do problema. ....	88
Figura 6: Pós-teste de um aluno do Grupo Experimental que desenhou a trajetória e identificou os instantes correspondentes aos marcos. ....	88
Figura 7: Resposta de uma aluna do Grupo Experimental que tentou utilizar a definição de velocidade escalar. ....	89
Figura 8: Anotações feitas por um aluno do Grupo Controle para resolver a questão 3. ....	92
Figura 9: Anotações feitas por uma aluna do Grupo Experimental para resolver a questão 3. ....	92
Figura 10: Resoluções de duas alunas do Grupo Experimental para a questão 4....	95
Figura 11: Resolução de uma aluna do Grupo Experimental. ....	98
Figura 12: Resolução de uma aluna do Grupo Experimental para a questão 5 – item I. ....	99
Figura 13: Marcações no gráfico de uma aluna do Grupo Experimental para resolver a questão 5 – item II.....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dinâmica e mecânica dos jogos.....	51
Tabela 2: Relação entre os elementos da mecânica dos jogos e os elementos inseridos no material didático.....	66
Tabela 3: Resumo dos resultados por questão no pós-teste para o GC.....	77
Tabela 4: Resumo dos resultados por questão no pós-teste para o GE.....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Respostas da questão 1 – Item I.....	79
Gráfico 2: Respostas da questão 1 – Item II.....	83
Gráfico 3: Respostas da questão 2 .....	86
Gráfico 4: Respostas da questão 3 .....	90
Gráfico 5: Respostas da questão 4 .....	94
Gráfico 6: Respostas da questão 5 – Item I.....	97
Gráfico 7: Respostas da questão 5 – Item II.....	100
Gráfico 8: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 1 .....	103
Gráfico 9: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 2.....	104
Gráfico 10: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 3.....	104
Gráfico 11: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 4.....	105
Gráfico 12: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 5.....	106
Gráfico 13: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 6.....	107
Gráfico 14: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 7.....	107
Gráfico 15: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 8.....	108
Gráfico 16: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 9.....	109
Gráfico 17: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 10.....	110
Gráfico 18: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 11 .....	111
Gráfico 19: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 12.....	112
Gráfico 20: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 13.....	112
Gráfico 22: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 15.....	115
Gráfico 23: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 16 .....	116
Gráfico 24: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 17 .....	117
Gráfico 25: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 18 .....	118
Gráfico 26: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 19 .....	119
Gráfico 27: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 20 .....	119
Gráfico 28: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 21 .....	120
Gráfico 29: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 22 .....	121
Gráfico 30: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 23 .....	122
Gráfico 31: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 24 .....	123
Gráfico 32: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 25 .....	125

Gráfico 33: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 26 .....	126
Gráfico 34: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 27 .....	126

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 – O ensino de física e os livros didáticos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 – A modelagem matemática.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3 – Gamificação e ensino.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 2 – LITERATURA DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa .....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Gamificação .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....</b>	<b>60</b>
<b>3.1. Método de investigação e caracterização da amostra .....</b>	<b>60</b>
<b>3.2. Etapas da pesquisa .....</b>	<b>62</b>
3.2.1. Elaboração dos instrumentos de coleta de dados .....	62
3.2.2. Elaboração da proposta didática.....	64
3.2.3. Aulas, encontros, testes e conteúdos desenvolvidos.....	66
<b>CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1. Testes .....</b>	<b>76</b>
4.1.1. Questão 1 .....	77
4.1.2. Questão 2 .....	85
4.1.3. Questão 3 .....	89
4.1.4. Questão 4 .....	93
4.1.5. Questão 5 .....	96
<b>4.2. Questionários.....</b>	<b>102</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>134</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXOS 142</b>	
<b>Anexo 1. Testes .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 2. Questionário de opinião.....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 3. Modelo de quadro de missões .....</b>	<b>145</b>
<b>Anexo 4. Material produzido .....</b>	<b>146</b>

## INTRODUÇÃO

No momento em que se assume a missão social de educar, assume-se um compromisso público que, acredita-se, tange os princípios do comprometimento, do cuidado e da coerência, os quais não deveriam ser lembrados pela última vez no juramento de formatura. Dessa maneira, acredita-se que a contínua vontade em obter novos achados que melhorem a prática docente demonstra um tácito interesse em discutir a educação, experimentar novas tendências e metodologias e apostar em uma aprendizagem cada vez mais eficaz.

Todavia, para aqueles docentes que se permitem uma análise minuciosa das tendências de suas turmas, aliada a um olhar analítico em relação ao próprio exercício pedagógico, mesmo que subsidiado por referências teóricas, o maior aprendizado em relação às questões educacionais encontra-se na sala de aula. É das singulares situações ocorridas nesse ambiente ímpar e imprevisível que nascem inquietações e, conseqüentemente, reflexões que levam a novas ideias, como a apresentada neste trabalho.

O professor/pesquisador, desde a sua época de estudante incomodava-se com o estilo de escrita dos livros didáticos e de outros materiais, insatisfação que se confirmou de forma vigorosa a partir do momento que assumiu a sua função docente. O esforço em produzir materiais mais significativos a seus estudantes levou-o a buscar embasamentos teóricos que, aliados à sua formação acadêmica e experiência em sala de aula, originaram a ideia em produzir um material que subsidiasse os aprendizes no sentido de fomentar a busca pelo próprio aprendizado. Almeja-se um material pelo qual o aluno possa estudar sozinho e compreender o conteúdo e que isso não seja tedioso.

O contato com as novas descobertas da Neurociência e com as ideias da Metacognição, as quais estão estreitando cada vez mais a sua relação com a área educacional, fez brotar a esperança de que pudessem oferecer alternativas também para a produção de materiais instrucionais. A união das duas propostas se viu viável a partir do uso de elementos de jogos. Portanto, o objetivo do trabalho realizado consiste em produzir um material baseado nos princípios da neurociência e metacognição, no sentido de verificar a hipótese de que podem favorecer o protagonismo discente, a tomada de consciência em relação aos próprios processos

de aprendizagem e a autonomia nos estudos por meio da motivação que a proposta pode proporcionar.

Por meio do enquadramento do estudo realizado, é possível resumir a problemática da pesquisa pretendida como sendo a carência de material didático em física que permita um acesso autônomo ao conhecimento formal culturalmente construído. Para tanto, escolheu-se um tema frequentemente tratado no primeiro semestre do 9º ano do Ensino Fundamental para confeccionar o material proposto. Assim, mais especificamente, o problema analisado na dissertação pode ser formulado da seguinte maneira: “Um material instrucional construído com base na mecânica dos jogos pode promover uma experiência de aprendizagem capaz de possibilitar um acesso autônomo, motivador e eficaz aos procedimentos utilizados para modelar matematicamente um problema de física?”

Em primeira instância, o objetivo da pesquisa é determinar de que maneira as ideias fornecidas pela *gamificação* podem contribuir para a aprendizagem em física e como podem articular-se para dar subsídio a um material significativo que permita aos estudantes do último ano do Ensino Fundamental a compreensão do processo de modelagem matemática por meio da leitura e interação com o texto.

Não se preconiza, entretanto, a ausência da figura do professor que, pelo contrário, será o articulador de toda a proposta. O objetivo é que o material possa apoiar o processo de aprendizagem começado em sala de aula e estendê-lo para fora da escola de modo a incentivar o estudo da física por meio de um texto motivador e de fácil compreensão, mas que não deixe de apresentar o rigor necessário para a compreensão dos conceitos almejados.

Com vistas a alcançar o objetivo mencionado, foram realizadas algumas etapas as quais foram descritas neste texto, dividido em quatro capítulos. Primeiramente, busca-se esclarecer a problemática em que se insere o problema de pesquisa, bem como descrever as motivações que levaram a ele. Assim, o Capítulo 1 foi destinado à revisão bibliográfica a fim de descrever alguns pormenores da problemática apresentada, a qual se refere à qualidade e utilização dos livros didáticos de física e relatar trabalhos que discutem conceitos semelhantes aos que vão ser explorados por esta pesquisa.

No Capítulo 2, inicialmente far-se-á uma pequena discussão em torno das teorias de aprendizagem e da importância das diferentes concepções acerca do

processo de ensino e aprendizagem. Em seguida, será apresentado o porquê de ter-se escolhido analisar o problema de pesquisa sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa, bem como serão descritos os conceitos importantes dessa teoria no estudo da questão aqui proposta. Em uma segunda parte, serão apresentados os pressupostos da teoria da *gamificação*, a qual embasa a metodologia utilizada para conceber a proposição didática.

A metodologia de cada etapa do processo de investigação será apresentada no Capítulo 3. Inicialmente apresenta-se a descrição genérica das escolhas metodológicas, bem como a caracterização da amostra e os instrumentos utilizados para coletar e interpretar os dados os quais verificarão a validade da proposta. As etapas da pesquisa, do início ao final da intervenção feita, são relatadas a fim de detalhar todo o processo.

Finalmente, o último capítulo traz os dados obtidos por meio da aplicação dos testes e questionários propostos no capítulo antecedente. Primeiro, foram discutidos os rendimentos das turmas em relação ao início da intervenção e analisadas as resoluções de alguns estudantes que desenvolveram os problemas de forma interessante para justificar a aprendizagem. Em um segundo momento, as informações fornecidas pelos questionários de opinião foram expostas, acompanhadas de algumas inferências acerca dos dados.

Diante desse quadro logístico, espera-se apresentar uma proposição a qual possa ser apreciada e utilizada por outros docentes não como uma metodologia capaz de elucidar os problemas no aprendizado de física, mas como uma sugestão que pode ser modificada de acordo com a realidade de cada professor de modo a contribuir para a melhora da prática docente.



## **CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA**

A revisão de literatura foi feita com o propósito de situar o trabalho dentro da área de pesquisa de Ensino de Ciências e Física, em especial, e de definir os autores os quais foram base para o desenvolvimento da investigação. Procurou-se sistematizar e analisar as ideias presentes em estudos anteriores no sentido de selecionar aquelas que se tornam pertinentes dentro do trabalho aqui proposto, de modo também a reconhecer, dentro da ética acadêmica, a contribuição de outros autores para a problemática investigada.

Ao revisitar os trabalhos gerados em pesquisas prévias que relatam estudos semelhantes ou relacionados às propostas que fundamentarão este trabalho para tratar o processo de ensino e aprendizagem de Ciências, foram reunidas ideias, conceitos, metodologias, condutas, resultados, questionamentos, críticas, discussões e conclusões para indicar o grau em que se encontram na área de pesquisa em que se inserem.

### **1.1 – O ensino de física e os livros didáticos**

À medida que o fluxo de dados torna-se cada vez mais intenso e as transformações da sociedade, acompanhando o mesmo ritmo, mostram-se mais evidentes ao acompanhar os avanços científicos, a interação entre indivíduos distribuídos por todo o planeta revela o conhecimento como fator fundamental para a adaptação ao mundo contemporâneo. Esse novo paradigma, caracterizado pela ampliação do acesso e compartilhamento da informação, reitera cada vez mais a máxima que concebe o ser humano como um eterno estudante.

Em meio a essa nova configuração social, o sentido de aprender também se modifica, pois a aprendizagem, considerada em seu caráter difuso e descentralizado, não se limita à antiga correspondência com a inserção no mundo do trabalho, mas a supera como processo atemporal, dinâmico e contínuo. Por esse motivo, a escola, instituição responsável por propagar de maneira formal os saberes julgados socialmente importantes para as gerações subsequentes, também deve revisar a sua função com vistas a buscar os subsídios necessários à formação de

estudantes submetidos a interações e experiências proporcionadas pelas diversas formas de comunicação.

Nesse sentido, é observável que as tendências atuais da educação mostram-se favoráveis ao entendimento do aluno como sujeito que se articula nos planos individual e social e, portanto, precisa desenvolver sua autonomia para buscar, adquirir, julgar e, principalmente, utilizar as milhares de informações que chegam a todo instante. Assim, escola não representa mais um referencial pedagógico exclusivo, ou único espaço promotor de aprendizagem, entretanto as relações estabelecidas em seu contexto parecem estar longe de serem substituídas pelas novas tecnologias. Por isso, é necessário que esse espaço contribua para que os estudantes mantenham-se afinados com os avanços científicos e tecnológicos providos pela modernidade.

Constituindo talvez um paradoxo, uma das disciplinas que encontra mais dificuldades para atender à nova demanda educacional é a física, matéria a qual visa ensinar aos estudantes alguns princípios de regularidade da natureza, muitos dos quais foram imprescindíveis para o acontecimento da chamada terceira revolução industrial.<sup>1</sup>

Apesar de as novas tendências educacionais já estarem fundamentando as diretrizes curriculares para o ensino de física, os próprios textos do que compõem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são pertinentes ao argumentarem que entre os novos discursos e a prática dos mesmos, ainda há um grande percurso. Entretanto, segundo os documentos oficiais, já há um progresso:

O ensino de Física vem deixando de concentrar-se na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso dar-lhe um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (BRASIL, 2002, p.2)

O excerto retirado do texto que orienta o currículo de física parece um tanto utópico quando confrontado com a real situação do ensino dessa ciência no país, uma vez que as pesquisas nessa área, as quais serão discutidas em seguida, mostram que os métodos utilizados são arcaicos e despertam cada vez menos o

---

<sup>1</sup> Período iniciado após a Segunda Guerra mundial cuja principal característica é a utilização de tecnologias avançadas nos meios de produção.

interesse dos estudantes. Quando o fazem, formam estudantes que repetem perfeitamente as teorias que lhes foram apresentadas, entretanto sem reconhecer sequer uma aplicação simples das mesmas.

Para iniciar essa discussão, é pertinente citar o texto de Richard Feynman (2006), o qual é antigo somente na data. Em seu texto, escrito originalmente em 1985, o autor descreve suas experiências com estudantes de ciências exatas no Brasil, inclusive com aspirantes a professores de ciências. Sua percepção após a passagem pelo país é de que aqui não se ensinava ciências, apesar da enorme carga horária que essas matérias ocupam nas grades curriculares.

Feynman (2006) é mais incisivo quando relata que presenciou inúmeras situações nas quais estudantes da educação básica mostravam-se bastante aplicados na aprendizagem de física desde cedo, o que contrastava com o nível de conhecimento demonstrado pelos cientistas formados aqui. Só lhe foi possível concluir uma coisa: no Brasil só se ensina a passar em provas, não se sabe de nada. Além disso: os livros de física perpetuam as falhas no sistema de educação em ciências, pois apresentam conceitos a serem memorizados, sem nenhum vínculo com os fenômenos reais.

A partir das assertivas apresentadas pelo autor questiona-se: há mesmo um progresso? A cena de meninos do Ensino Médio saindo de livrarias com manuais de física descritas por Feynman não são mais comuns e o rendimento em exames, o qual era tido como o objetivo maior do ensino de física, vem sendo cada vez menos satisfatório: os estudantes estão cada vez menos motivados. A verdade é que, apesar de ter o seu valor reconhecido por conta de suas contribuições sociais, a ciência física é, classicamente, mal aceita pelos estudantes.

Os estudos de Luz e Leal (2007), Ricardo e Freire (2007), Moraes (2009) e Lima (2011), realizados em diferentes regiões do Brasil, revelam que o ensino da disciplina não corresponde às expectativas em relação ao prestígio que lhe é atribuída como ciência, de modo que sua importância como matéria escolar, quando reconhecida, reduz-se, de fato, a um subsídio para passar em exames. Os mesmos estudos mostram, paradoxalmente, que os estudantes consideram a disciplina difícil, apesar de seu conteúdo ser interessante, curioso e agradável.

A partir das constatações anteriores, é possível questionar o porquê de tanta discrepância de concepções pelos estudantes entre a física e o ensino de física, o

que cria a suspeita de que o problema encontra-se no meio do caminho percorrido pelo saber desde a produção do conhecimento até o que efetivamente é ensinado em sala de aula.

Moraes (2009), ao supor que a desmotivação para com a disciplina de física advinha das dificuldades inerentes ao ensino dessa, investigou em duas escolas, uma pública e uma particular, quais eram os motivos de tanta dificuldade. Os dados da pesquisa mostraram que a realização de cálculos e a interpretação dos problemas constituem as maiores barreiras de aprendizado, o que se leva a inferir que o enfoque dado à matematização excessiva e desprovida de significado lógico para os estudantes os tem feito desistir da disciplina.

Conclusões dos autores citados anteriormente corroboram com a hipótese de que o problema está localizado em algum, ou alguns, componentes relacionados à transposição didática, visto que, ao questionarem os estudantes acerca do motivo de tantas dificuldades na compreensão das lições de física, puderam constatar motivos principalmente de cunho metodológico. Os estudantes apontaram monotonia, cansaço, excesso de cálculos, falta de relação com o cotidiano e professores ruins como causas para o desinteresse em relação à disciplina.

Ricardo e Freire (2007) entendem que as (des)motivações narradas, são facilmente entendidas quando considerados os livros didáticos, visto que nos mesmos há a predominância de resolução de exercícios mecânicos, nos quais sobreleva-se a aplicação de fórmulas em detrimento da compreensão conceitual acerca dos fenômenos em estudo, o que contraria os objetivos almejados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002) para o ensino de física:

[...] o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2002, p.61. Grifo nosso.)

A partir do trecho citado, é possível compreender que não é mais coerente abordar os conteúdos de física alheios à sua compreensão conceitual e vinculada estritamente ao tratamento matemático, que são os principais fatores citados como causa da falta de motivação dos estudantes. Pelo contrário, de acordo com o excerto destacado, deve também transpassar a visão compartimentada das

disciplinas de modo a contribuir para o desenvolvimento cognitivo de uma maneira geral. Com isso, quer-se dizer que, além de conhecimento específico da área, deve-se buscar o desenvolvimento da habilidade para que esse seja evocado, selecionado, transmitido e interpretado de maneira pertinente, além de relacionado às demais competências advindas das demais áreas de conhecimento.

Nesse sentido, faz-se necessário analisar como têm sido caracterizadas as obras de caráter pedagógico utilizadas no processo de aprendizagem em relação ao desenvolvimento da autonomia dos estudantes. Apesar de se acreditar que o livro didático possa ter o potencial de fonte direta de aprendizagem para o aluno, de modo a favorecer a sua aprendizagem autônoma, o seu uso no ensino de ciências tem tomado caráter de orientador do currículo, apoio às atividades de leitura e exercício e subsídio para elaboração de avaliações e complementação de estudos do professor (MEGID NETO E FRACALANZA, 2003; NUÑES, 2003; VIEIRA e CAMARGO, 2013).

Ao se analisar o documento que estabelece as diretrizes para escolha dos livros didáticos a serem adotados nas escolas públicas brasileiras, e que não deixa de ser referência também para as escolas particulares percebe-se a preocupação em “favorecer o desenvolvimento de capacidades básicas do pensamento autônomo e crítico, no que diz respeito aos objetos de ensino-aprendizagem propostos” (BRASIL, 2012, p.13). Entretanto, mesmo a partir de uma criteriosa seleção feita por especialistas na área de ensino e pesquisa em física, o instrumento parece não se adequar aos objetivos visados pelos educadores e, por isso, torna-se pouco utilizado tanto por professores como por estudantes.

De acordo com o estudo desenvolvido por Hosoume et al. (2003) em escolas públicas de Minas Gerais, quando os estudantes tentam estudar sozinhos, utilizando o livro didático como instrumento de aprendizagem, apresentavam muita dificuldade, o que pode ser um indicador de que os livros disponíveis para adoção pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) são inadequados para uso dos estudantes na ausência de uma pessoa instruída em física. Dessa maneira, os estudantes na maioria das vezes adotam como referência as notas de aula do professor, justificando que são mais claras e fáceis de entender.

Em relação à situação apresentada pelo estudo citado anteriormente, é observável a necessidade de uma interlocução entre o professor e aluno, seja para

estudar pelo livro ou anotações feitas no caderno, visto que essas últimas são possivelmente acompanhadas de explicação professor. Mas, e em casa, quando não há possibilidade de intervenção docente? Muitas são as ferramentas disponíveis na rede de computadores, entretanto não escapam muito do formato dos manuais utilizados em sala, ademais ainda são mais susceptíveis a apresentar erros conceituais e a abordar o conteúdo de forma resumida. Por isso se insiste na reformulação dos objetivos dos materiais instrucionais em física.

Com a mesma preocupação de que os livros “fragilizam o processo de construção do conhecimento em Física, não estimulando a autonomia do estudante na busca pelo conhecimento” (COIMBRA, 2007, p. 11). Coimbra (2007) analisou 6 coleções aprovadas pelo PNLD do ano de 2007 e constatou que os livros, que passaram por rigorosa análise da equipe de física, apresentam ênfase exagerada no cálculo matemático e exercícios com caráter mecânico visando ao treino para resolver problemas de vestibulares e exames e, dessa forma, enfraquecem a participação do estudante no processo de autoconstrução do conhecimento.

Para alcançar as conclusões citadas anteriormente, a autora procedeu sua análise a partir da proposição de 5 categorias de avaliação de livros didáticos de física, uma delas denominada Protagonismo Discente, a qual verificava o quanto os autores inseriam os estudantes ao longo do texto durante a abordagem dos temas. Para isso foi verificada nas obras a existência de atividades e iniciativas que impeliam o estudante a uma participação como protagonista de seu processo de ensino-aprendizagem. Foi possível perceber pela análise feita pela autora que a maioria dos livros analisados traziam determinados pontos que sugeriam o protagonismo discente, entretanto apareciam em seções complementares, contradizendo a proposta apresentada pelos autores nas seções introdutórias das obras.

Um outro fator acerca dos livros didáticos que dificulta a compreensão dos textos que compõem os livros é a linguagem. Vieira e Camargo (2013) apontam que há uma grande dificuldade por parte dos estudantes em entender e interpretar os vocábulos que caracterizam a linguagem científica porque os mesmos são definidos em função de outras palavras que aparecem em meio a construções linguísticas muitas vezes rebuscadas. Por compreenderem que o livro traz as informações verdadeiras, os estudantes recorrem a ele somente quando precisam fazer

pesquisas ou leituras e, mesmo assim, optam pelos autores ou outras fontes que utilizam uma linguagem mais cotidiana.

Os mesmos autores também puderam coletar a opinião de que os estudantes não utilizam o livro didático para complementar a explicação do professor, o que leva à conclusão feita por Garcia e Silva (2009), os quais apontam que, para os estudantes, o uso de livros não representa um instrumento privilegiado para aprender, nem mesmo em casa. Segundo os dados coletados pelos autores com 60 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, mais da metade sentem-se pouco ou nada interessados pelo livro didático.

Garcia e Silva (2009) alertam, entretanto, que a falta de hábito de leitura também é fator que influencia o interesse dos estudantes pelo livro didático, de modo que se reduz a um apoio para exercícios, os quais não seriam prejudicados caso o material não fosse adotado, pois o professor poderia providencia-los de outras formas.

“Tem-se, então, uma situação que predispõe os estudantes a um baixo aproveitamento dos livros, enquanto fonte de informação e de estudo, por meio da leitura. E, neste caso, para aproximar os estudantes dos livros, torna-se imprescindível o papel mediador do professor.” (GARCIA E SILVA, 2009, p.8605)

Diante dessa problemática, é inequívoca a imperativa modificação de natureza metodológica do ensino de física, em especial quando se pondera o papel desenhado pelos materiais instrucionais no auxílio da autonomia do estudante em seu estudo individual. É necessário pensar como os materiais escritos poderiam ser modificados de modo a reverter toda essa desmotivação e desprezo dados aos livros didáticos.

Levando em consideração as tendências na área de educação as quais apontam para a necessidade de formar cidadãos capazes de lidar com um mundo de rápida difusão das informações, busca-se, então, uma nova maneira de estruturar os textos que apresentam aos estudantes os conceitos de física, de modo que atendam à demanda desses na autoinstrução e construção do pensamento crítico, no sentido de incentivar também a sua leitura. Para tanto, escolheu-se partir de um dos fundamentos iniciais para a compreensão da linguagem científica: a matemática.

## 1.2 – A modelagem matemática

Parte considerável dos professores de física, por reconhecerem somente o papel de ferramenta representado pela matemática em meio ao discurso científico, acaba por taxá-la como grande responsável pelos maus resultados obtidos naquela disciplina. Dessa forma, esses professores têm alegado que as dificuldades apresentadas pelos estudantes na resolução de problemas advêm da imaturidade em relação aos conceitos matemáticos (PIETROCOLA, 2002).

Entretanto, para Pietrocola (2002), tal pensamento é considerado epistemologicamente ingênuo, já que, observando a história do desenvolvimento das ciências, pode-se observar que a matemática exerce também uma função estruturante na concepção dos conceitos delas, além de aperfeiçoar a exatidão no desenvolvimento desses. Portanto, as ideias científicas são expressas em uma linguagem bem delineada e adquirem significados a partir de sua relação com estruturas, linguagens, regras e propriedades matemáticas.

Do que foi dito anteriormente é possível inferir que há um questionamento acerca de como deve acontecer a relação entre as duas disciplinas. É consenso que a matemática está alojada no corpus das ciências, e da física em particular, porém a estrutura epistemológica das disciplinas impõe uma observação cautelosa de “como a Matemática deve ser ensinada e, portanto, aprendida no contexto da Física” (PIETROCOLA, 2002).

[A matemática] não tem como função apenas melhorar a precisão das definições da ciência, como se poderia crer. [...] Um conceito físico como a Força, ao ser identificado à grandeza vetorial  $\vec{F}$  passa a se submeter a todas as suas regras de linguagem. Torna-se difícil expressá-lo de outra forma, por exemplo, através da linguagem escrita comum. (PIETROCOLA, 2002, p. 105)

Do exposto, é possível perceber que o autor enxerga a presença da matemática no esqueleto da física e não só como uma simples ferramenta. Por conta disso, é importante pensar no amadurecimento dos fundamentos matemáticos para saber lidar com essa linguagem no todo, i.e., com essa epistemologia. Dessa maneira, se o objetivo é utilizar a matemática em um campo que adentra à física, é preciso ensiná-la também nesse contexto, visto que muitos dos axiomas e regras



aos quais os conceitos físicos estão submetidos não são tratados na disciplina de matemática com o enfoque necessário à física.

Pietrocola (2002) afirma que, para compreender a física, não é suficiente conhecer a matemática dentro de sua própria área de validade, pois a compreensão da ciência subjaz de uma interação entre o real e o abstrato, a teoria e a experimentação. Por conta disso, dentro do contexto educacional, não é suficiente saber a matemática para manipular equações de teorias sobre a realidade, mas saber representar o concreto de forma teórica, por meio de uma estrutura matemática construída.

Barbeta e Yamamoto (2002), ao desenvolver uma pesquisa com estudantes ingressantes em um curso de engenharia, puderam verificar que, mesmo os estudantes que parecem ter uma maior aptidão para as ciências exatas, terminam o Ensino Médio com dificuldades de utilização do ferramental matemático básico. Entretanto, os testes aplicados pelos autores constataram que existem mais do que deficiências em trigonometria, geometria e álgebra, mas também em relação aos conceitos básicos de física os quais são definidos com base em concepções matemáticas como proporcionalidade e variação.

Em meio a esse quadro, Campos (2000) argumenta que a interdisciplinaridade mostra-se como uma alternativa para o intercâmbio de ideias entre a matemática e a física. Segundo o autor, com o intuito de minimizar as dificuldades apresentadas pelos estudantes em relação às ferramentas fundamentais para a resolução de problemas, seria interessante um trabalho integrativo entre os professores de matemática e física. Nesse sentido, é possível citar alguns trabalhos nos quais os autores relatam experiências montadas com o intuito de dialogar as duas disciplinas.

O próprio Campos (2000), utilizando a engenharia didática, montou uma sequência de aprendizado integradora entre a matemática e a física. A partir das discussões iniciais de cinemática, as quais geralmente são feitas paralelamente ao aprendizado de funções, o autor propôs atividades nas quais os estudantes partiam de situações-problema para explorar os conceitos físicos a partir da matemática. Nesse sentido, algumas formulações da cinemática escalar foram construídas a partir do ferramental fornecido pelas funções.

O tema tratado por Campos (2000) é frequente em trabalhos da área de ensino de física. O diálogo entre os conceitos de função e da cinemática escalar aparece, por exemplo, nos trabalhos de Zuffi e Pacca (2002), Lopes, Angotti e Moretti (2003), Carvalho Junior (2008), Oliveira (2012) e Silva (2013). Os primeiros autores investigaram o entendimento que professores de matemática têm acerca do conceito de função, enquanto os outros descrevem propostas didáticas.

Zuffi e Pacca (2002) propuseram uma investigação acerca da maneira com que os professores de matemática lidam com o tema “função” em sala de aula, principalmente porque representa uma linguagem que possui aplicações nas áreas de física e química. Entretanto, segundo os autores, a linguagem matemática é utilizada nessas áreas com outros “sotaques”, de modo que leva os estudantes a não associarem essas ideias, as quais parecem não ter nada em comum.

Os mesmos autores salientam que algumas tentativas de aproximação entre a linguagem da matemática e das ciências vêm sendo feitas pelos professores dessas últimas, mas ainda deixam a desejar no sentido de aumentar a compreensão dos estudantes acerca do uso das funções em contextos diferenciados daquele próprio da matemática. Por conta disso, sugere uma troca de experiências entre professores de Física, Química e Matemática para sintonizarem seus planejamentos.

Lopes, Angotti e Moretti (2003) descrevem as possíveis interações entre a matemática e a física por meio da construção do conceito de função do primeiro grau. Os autores relacionam a ligação com os fenômenos físicos e apresentam o que chamam de *conceitos unificadores*, os quais representam ligações entre ideias pertinentes às duas áreas. As ideias desses autores transpassam a cinemática, visto que estendem a ideia para todas as regularidades encontradas dentro do campo da física.

A dissertação de Carvalho Junior (2008) traz uma alternativa de integração entre os conceitos da matemática e da física com o intuito de minimizar as dificuldades encontradas pelos estudantes no ensino de cinemática, principalmente no que se refere às funções. O autor propõe a utilização de um software pelo qual os professores podem criar simulações que permitem a manipulação de variáveis e grandezas. Pôde-se concluir a partir da aplicação de questionários que houve uma aprendizagem consistente por meio da interpretação pictográfica e algébrica dos fenômenos.

Oliveira (2012) avaliou o desenvolvimento de estudantes de Ensino Médio os quais foram submetidos a um currículo repensado em conjunto pelos professores de matemática e física com o objetivo de integrar as duas disciplinas. O autor pôde avaliar, a partir da aplicação de testes, que os estudantes demonstraram compreender os conceitos da física, mas ainda apresentaram alguma dificuldade nos conceitos matemáticos. Apesar das dificuldades apresentadas, o autor avaliou que o trabalho integrado colaborou de forma positiva para a aprendizagem dos estudantes.

Defendendo a linha que concebe a matemática como estruturante do conhecimento físico, Silva (2013) propôs lições as quais tratam de grandezas e transformações de unidades, proporções, uso de escalas e gráficos. O autor analisa minuciosamente de que maneira os conceitos iniciais da física podem ser trabalhados utilizando ferramentas básicas de matemática, as quais são apresentadas aos estudantes ainda no ensino fundamental.

Em consonância com as ideias apresentadas anteriormente, a introdução do texto que indica os Parâmetros Curriculares Nacionais para a física destaca que um dos objetivos dessa disciplina é fazer com que o estudante entenda o universo por meio de princípios, leis e modelos e que, para tanto, é necessário que seja apresentado à linguagem característica da física, a qual pode ser expressa frequentemente por meio de gráficos, tabelas e funções matemáticas. Dessa forma são competências a serem adquiridas pelos estudantes na disciplina:

- Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas, apresentados em textos. [...]
- Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico [...]
- Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. (BRASIL, 2002, p.8)

Essas colocações presentes nos PCN corroboram a máxima de que os elementos matemáticos são uma forma de expressar o conhecimento científico, entretanto, principalmente no segundo tópico, o documento traz uma consideração acerca da forma como esses elementos podem agregar-se ao ensino de física: a resolução de problemas. Nesse sentido, Campos (2000) sugere que a aquisição da

linguagem básica da física pode ser adquirida por meio de trabalhos com modelagens matemática.

Brandão, Araújo e Veit (2008), em consonância com os princípios de cidadania os quais regem os Parâmetros Curriculares Nacionais, defendem que a prática da modelagem representa uma proposta essencial para que o homem busque pistas para a compreensão do mundo no qual habita por meio da construção de modelos para representa-lo. De acordo com Lozada (2006), os modelos matemáticos representam papel fundamental para estruturar os conceitos da física, uma vez que são similares aos elementos que embasam o desenvolvimento dessa área: estabelecimento de uma teoria, formulação de um modelo coerente com ela e, finalmente, a experimentação.

Uma das definições mais simples do que seria um modelo conceitual é a que diz ser uma “representação simplificada, idealizada, de um sistema ou fenômeno natural, aceita pela comunidade científica” (BRANDÃO, ARAÚJO e VEIT, 2008, p. 11). Em outras palavras, executar um processo de modelagem consiste em explorar uma situação real de modo que se encaixe dentro de uma teoria geral pré-estabelecida, tonando-se, assim, um modelo teórico desse cenário.

De acordo com a concepção discutida anteriormente, é possível dizer que a modelagem matemática de fenômenos físicos consiste em transpor um problema real ou com boa aproximação do cotidiano inerente ao campo da física para a linguagem matemática na intenção de resolvê-lo e interpretar as soluções numéricas dentro do contexto proposto no início. Dessa forma, evita-se a criticada “matematização” do ensino de física, a qual é caracterizada pelo uso estritamente formal de algoritmos, técnicas e fórmulas desvinculadas de seu conceito físico, e valoriza-se a significação dos conceitos (ALMEIDA, 2005; LOZADA, 2006).

De acordo com o que foi dito, a modelagem matemática apresenta-se, então, como uma boa estratégia didática tanto para trabalhar as dificuldades encontradas com interpretação de texto/problemas, representação simbólica e operações matemáticas (LOZADA, 2006), como para que o estudante enxergue o caráter epistemológico da ciência, a qual se caracteriza essencialmente pela proposição de modelos (ALMEIDA, 2005; LOZADA, 2006).

Quando considerada a esfera do ensino de física no Brasil, são encontrados muitos trabalhos relacionados à resolução de problemas, entretanto poucos deles

referem-se à modelagem matemática. Destacam-se as pesquisas realizadas pelo Grupo de Estudos em Modelagem Matemática (GEMM) da Universidade Federal do Pará, em especial os trabalhos de Souza e Espírito Santo (2008). Neste trabalho, após conceituar e descrever as etapas da modelagem matemática, o autor propõe uma atividade de modelagem acerca do conteúdo relacionado à Energia Mecânica.

Na proposta de Souza e Espírito Santo (2008), a sequência didática se inicia com a apresentação da situação-problema e interação com os aspectos importantes ao assunto: o funcionamento de uma usina hidrelétrica. Em seguida, orienta-se a formulação e resolução em linguagem matemática por meio da avaliação dos tipos e da quantidade de energia armazenada em vários pontos por onde a água passa. Após as interpretações em diversas representações, os autores propuseram que o modelo fosse avaliado e a solução, interpretada.

Souza (2009), após discutir os problemas de aprendizagem em física, propõe que o trabalho de modelagem matemática seja utilizado como estratégia metodológica para o ensino de física. Logo depois de discutir os pressupostos teóricos que sustentam a pesquisa, o autor indica um exemplo de sequência didática para o tema *movimento*. A partir de situações corriqueiras, são introduzidos os conceitos como trajetória, referencial e velocidade, os quais também são descritos em termos de funções.

O mesmo autor também estudou a introdução da modelagem como proposta didática para o público do ensino superior. Souza (2012), em uma turma de estudantes do curso de matemática os quais cursavam uma disciplina introdutória da física, elaborou duas atividades inerentes à termodinâmica e dinâmica. Os temas foram explorados em grupos a partir da utilização de informações reais acerca do funcionamento de um ar condicionado e da relação custo-benefício envolvida na compra de um carro. Pela especificidade dos temas, os conceitos puderam ser trabalhados com mais profundidade.

Apesar de ter um número considerável de trabalhos publicados acerca do tema, Souza (2012) considera que o “ensino de Física por meio da Modelagem Matemática é um tema pouco explorado nas pesquisas da área” (SOUZA, 2012, p. 324). Essa afirmação mostra-se bastante pertinente quando se busca trabalhos nessa linha, visto que os poucos encontrados trazem somente o discurso da

aplicação da metodologia sem, entretanto, apresentar experiências de aplicação tais como as relatadas por Campos e Araújo (2008) e Daroit, Haetinger, Dullius (2009).

Após justificar a importância de representar os fenômenos físicos por meio de equações, tabelas e gráficos para quantificar e interpretar dados, Campos e Araújo (2008) apresentam uma proposta de utilização da modelagem matemática em aulas experimentais de cinemática e dinâmica. De acordo com os autores, essa maneira de conceber o processo de ensino-aprendizagem potencializa a visão dos estudantes de uma ciência construída gradualmente pelo homem, ao contrário da visão deturpada que descreve um corpo de conhecimento fragmentado.

Daroit, Haetinger, Dullius (2009) discutem a utilização da modelagem matemática como estratégia de combate à desmotivação e ao baixo rendimento dos estudantes na disciplina de física. Para tanto, os autores propuseram, por meio da experimentação, a montagem de um modelo para a formação de imagens em dois espelhos planos que formam um ângulo entre si. Os dados acerca da quantidade de imagens em função do ângulo foram coletados em uma tabela e as relações de proporcionalidade foram exploradas até que se chegasse à expressão que relacionasse as duas grandezas.

Apesar de poucas, as experiências relatadas anteriormente trazem, em suas conclusões, boas esperanças em relação ao aprendizado da física por meio da formulação processual de modelos e ainda analisam suas limitações de modo a incitar novas pesquisas a discutirem os aspectos os quais podem ser manipulados para otimizar a proposta. Entretanto, muitas são as possibilidades, de modo que é necessário responder o questionamento “de que forma os professores conduzem atividades de modelagem?” (DAROIT, HAETINGER, DULLIUS, 2009, p.7).

Quando se fala em um material didático, o professor assume um papel um pouco mais onisciente, de modo que a condução da atividade de modelagem fica, de certa forma, refém do estilo como o texto foi escrito e também direcionada para uma realidade a qual pode não condizer com o estudante. Por conta disso, escrever o material e encontrar uma forma motivadora para caracteriza-lo parece ser crucial. É nesse sentido que entra a ideia da *gamificação*.

### 1.3 – Gamificação e ensino

Como descrevem Araujo e Veit (2004), bem como Pimentel (2007), a utilização do lúdico no ensino de física encontra algumas referências na literatura nacional. Entretanto, são raras as ocorrências de trabalhos os quais utilizam o enfoque da *gamificação* ou mesmo em áreas relacionadas, como a neurociência. Isso não representa um alarde, haja vista que é um conceito atual que surge a partir da popularização dos games, de onde são aproveitados os elementos a fim de utiliza-los fora desse contexto para motivar aprendizagens e incentivar a ação dos indivíduos na solução de problemas.

“[...] A gamificação se apresenta como um fenômeno emergente com muitas potencialidades de aplicação em diversos campos da atividade humana, pois a linguagem e metodologia dos games são bastante populares, eficazes na resolução de problemas (pelo menos nos mundos virtuais) e aceitas naturalmente pelas atuais gerações que cresceram interagindo com esse tipo de entretenimento. Ou seja, a gamificação se justifica a partir de uma perspectiva sociocultural.” (FARDO, 2013, p. 1).

Sendo a escola um ambiente inserido em uma sociedade com essa cultura e propício à difusão dos jogos devido ao público que atende, não seria absurdo se pensar na inserção da mecânica dos games dentro da educação formal. Entretanto, se de uma forma geral já não existem relatos de experiências sobre o tema, menos ainda esse é discutido e analisado como orientador da prática pedagógica:

“ [...] existem poucos relatos de experiências empíricas em processos educacionais, devido ao fato de que os educadores precisam dominar bem essa linguagem antes de serem capazes de utilizá-la em seus projetos, o que normalmente ainda não ocorre em nossa realidade. Pode ainda ser empregada de forma incorreta ou equivocada, reforçando mais ainda alguns problemas presentes no sistema de ensino atual como, por exemplo, o fato de ocorrer uma valorização maior das notas obtidas do que da aprendizagem em si.” (FARDO, 2013, p. 4).

Dentro dessa perspectiva, é interessante conhecer algumas tentativas de implantação da proposta a fim de verificar se a inclusão de elementos de jogos realmente não enfatizou a atribuição de pontos, mascarando um processo de avaliação já tradicional. Dessa forma, optou-se por descrever aqui o trabalho de Sheldon (2012), o qual representa uma referência de como é possível planejar uma

disciplina a partir da *gamificação*, e os trabalhos desenvolvidos no ensino de física dentro do contexto educacional brasileiro.

Sheldon (2012) propõe levar o mundo virtual para a realidade de sala de aula. Não significa somente jogar um jogo, mas fazer parte dele. A partir dessa concepção, o autor expõe os fundamentos de sua proposta dentre os quais incluem a mudança na atribuição de notas, que passa a ser incremental, utilização de vocabulário próprio dos jogos para se referir às dinâmicas dentro de sala de aula, adaptação do espaço físico das classes de modo a comporem guildas<sup>2</sup> com propostas de atividades diversas e um tratamento diferente para os erros.

O livro descreve diversas aulas da disciplina *Game Design* para o ensino superior planejadas pelo docente, o qual relata com detalhes a proposta e a reação dos estudantes em relação a ela. Sheldon (2012) inclusive faz reflexões acerca das mudanças que podem ser feitas para aperfeiçoar o trabalho, haja vista que a avaliação da experiência era feita continuamente de modo a corrigir os aspectos que não estavam sendo favoráveis à aprendizagem e motivação dos estudantes. Tal relato indica que a implantação de um ambiente de jogo é delicada e não pode ser feita sem planejamento.

Por fim, foi possível verificar que a técnica, após ser testada em diversas turmas cujas características se diferenciavam bastante em questão de público, mostrou-se eficaz em estimular os estudantes e fazê-los render mais. Acredita-se que isso tenha acontecido porque os estudantes passaram a compreender melhor o que estavam estudando, já que se tornam experiências de aprendizagem e não só um momento formal de troca de informações.

Partindo para o contexto específico de interesse desta pesquisa, passa-se a resumir três trabalhos realizados por pesquisadores dentro do contexto brasileiro em áreas correlatas ao ensino de física, haja vista que não foram encontrados artigos ou publicações específicas dessa área nem mesmo em literatura estrangeira. Ressalta-se que nenhuma proposta apresentada iguala-se àquela feita por Sheldon (2012) e foram aqui classificadas porque discutem em sua proposta a teoria da gamificação sem, casualmente, aplica-la como uma experiência de aprendizagem na qual o aluno faz parte do jogo.

---

<sup>2</sup> Agrupamento de jogadores com o objetivo de se ajudarem e compartilharem suas experiências acerca de determinado jogo.



Moita et al (2013) propõe a utilização do aplicativo Angry Birds Rio para trabalhar os conceitos matemáticos de trigonometria e função do 2º grau com estudantes de 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio. Os autores analisaram a técnica do jogo a partir da ótica da *gamificação* e propuseram uma competição entre duas equipes levando em consideração as pontuações obtidas depois de algumas jogadas. De início, os estudantes jogariam livremente orientados apenas para que prestassem atenção em conceitos presentes no livro didático e, depois de terminada a disputa, discutiriam junto ao professor os conceitos envolvidos.

Acredita-se que o jogo utilizado tem bastante potencial para a discussão dos conceitos propostos e inclusive poderia ser adaptado à física, haja vista que trata basicamente de lançamentos oblíquos. Entretanto, não foi possível observar nas descrições feitas a aproximação do conteúdo com o jogo no momento em que os estudantes estão interagindo. Como representa uma prévia da aplicação, acredita-se que os autores poderão atentar-se a esse ponto para que o jogo não caracterize apenas diversão.

A proposta de Fernandes e Castro (2013) parece se aproximar um pouco mais do conceito de *gamificação*. Os autores montaram um ambiente virtual para o ensino de química orgânica a partir do uso de elementos presentes nos jogos tais como interação, feedback, recompensa e rankings. Nessa proposta, os professores alimentavam o servidor com materiais de auxílio em relação a determinado conteúdo e os estudantes são estimulados a cumprir tarefas enredadas por uma história na qual um estudante deve ajudar o seu professor em tarefas cotidianas que acabam esbarrando nos conceitos de química orgânica para serem realizadas.

A partir de uma pequena situação, como a falta de combustível em um carro, os estudantes são levados a desenvolver uma reação química em um tempo determinado. Caso o aluno consiga realizar, o seu personagem ganha um dia a mais de férias, caso contrário, terá que trabalhar mais um dia na mesma tarefa. O ranking dos estudantes aparecia para todos, os quais podiam acessar o ambiente virtual inclusive do celular. Essa proposta foi avaliada como positiva pelos estudantes, os quais se engajaram nas tarefas, inclusive sugerindo que os seus resultados pudessem ser compartilhados nas redes sociais.

O último trabalho descrito aproxima-se do anterior porque sua proposta acontece em um ambiente virtual também. Entretanto, Andrade e Canese (2013) utilizam um sistema denominado  $\exists$ Elementar, no qual foi desenvolvida uma plataforma para o aprendizado de lógica formal, disciplina inerente ao curso de Ciência da Computação. O sistema formulado pelos autores baseava-se na interação social, criação de rankings, aumento gradual de dificuldade, competição e *feedbacks*, os quais fazem parte dos elementos que constituem a mecânica de um jogo. Aos estudantes era possível acompanhar o seu progresso e mostra-lo por meio dos distintivos adquiridos.

Para validar o protótipo criado, os pesquisadores utilizaram o software para conduzir a disciplina de Lógica para estudantes do curso de Sistemas de informação de uma instituição de Ensino Superior. Para verificar a efetividade do uso da gamificação dentro da disciplina, foram utilizados indicadores os quais mostraram uma queda na evasão nessa disciplina, além do aumento das médias dos estudantes em relação a semestres anteriores. Os autores inferem uma correlação entre a aplicação da sequência didática e a melhora da performance dos estudantes.

Nunes, Campos & Portela (2003) por sua vez, apresentam outra ferramenta que se aproxima da proposta de *gamificação*: manipulação de objetos virtuais de aprendizagem. Os autores apresentam o resumo das características e potencialidade dos objetos virtuais de aprendizagem produzidos pela equipe brasileira que participa do projeto RIVED (Red Internacional Virtual de Educación)<sup>3</sup>. Os países participantes do projeto defendem o uso de materiais que usam tecnologia no desenvolvimento de objetos interativos que permitem modificações de muitas naturezas (mudança de variável, cenário, situações...).

As modificações tanto nos cenários como no próprio funcionamento do jogo permite que o estudante presencie não só os elementos dos jogos, mas manipule-os. Dessa forma, acredita-se que a preparação da simulação pelo aluno permite que o mesmo reflita acerca dos próprios processos de pensamento e como outro aluno pensará quando estiver resolvendo o problema criado e necessitar de *feedback* e dicas que são organizados pelo coprodutor da animação.

Quando analisada sob a ótica da neurociência, uma das bases da *gamificação*, pode ser identificado o caráter emocional proporcionado pelos

---

<sup>3</sup> Atualmente, os objetos de aprendizagem desenvolvidos pelo projeto RIVED encontram-se no Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem, disponível em: <objetoseducacionais2.mec.gov.br>

aplicativos desenvolvidos para a física no RIVED, haja vista que, de acordo com Koster (2005), a geração instantânea de *feedbacks*, bem como as constantes interações relacionam-se ao desafio proposto por atividades nas quais as pessoas precisam se engajar cognitivamente para resolver. E isso causa reações emocionais.

Nesse sentido, é possível apoiar-se no trabalho de Brockington (2011) para relacionar os fatores emocionais, os quais são intrínsecos aos jogos, ao aprendizado de física. O autor visava verificar fatores emocionais ligados à permanência de concepções alternativas. A partir do controle das reações psicofisiológicas medidas por meio de um aparato sensível às mudanças de condutância da pele, foram medidas as diferenças de resposta elétrica geradas em experts e novatos ao responderem testes utilizados para verificar a existência de concepções espontâneas. O autor pôde verificar, com isso, uma considerável diferença de respostas emocionais entre os dois grupos, o que sugere uma correlação entre a persistência das concepções alternativas e os fatores emocionais.

De acordo com o que foi descrito dos trabalhos relatados anteriormente, por ser englobada em um ambiente composto de indivíduos os quais possuem vastas experiências com jogos, a educação formal pode aproveitar-se de maneira produtiva dos pressupostos oferecidos pela *gamificação*. Entretanto, por ser uma tendência ascendente, como mostra as datas dos trabalhos descritos, as propostas educacionais nessa área necessitam rapidamente de mais estudos, principalmente porque os estudantes estreitam cada vez mais as relações com as tecnologias digitais, o que os faz desinteressados pelos métodos passivos de ensino os quais prevalecem na escola atual.

## CAPÍTULO 2 – LITERATURA DE REFERÊNCIA

Desde quando a psicologia e a educação formaram o seu elo a partir do reconhecimento da primeira como ciência (séc. XIX), a articulação entre elas passou a ser contínua, o que gerou várias das chamadas teorias de aprendizagem. Apesar do termo “teoria”, poucos foram os estudiosos que se dedicaram exclusivamente ao fenômeno da aprendizagem de modo a estruturarem um *corpus* para discutir os processos educacionais, mesmo que sejam raras as evidências de autores que não os tenha discutido.

A busca por descrever o conceito de aprendizagem, bem como a investigação e tentativa de delinear os caminhos do processo de aquisição do conhecimento, entretanto, permitiu que a psicologia fornecesse subsídios à pedagogia no manejo das atividades docentes na expectativa da melhoria das metodologias de ensino. Ao longo dessa história, foram apresentadas ao professor abordagens sob diversas perspectivas, ora concordantes, ora antagônicas, mas que em algum momento responderam bem a algum tipo de problema surgido em meio ao complexo contexto da educação escolar.

Justamente por conta dessa limitação de vigência, ou seja, restrição em elucidar apenas alguns dos anseios oriundos do campo educacional, percebeu-se necessária a compreensão pelos professores da especificidade a que se refere cada uma das propostas advindas da psicologia. Todavia, o reconhecimento do alcance atingido por cada teoria permitiu determinar as contribuições de acordo com as propostas do trabalho docente e com os problemas de aprendizagem inerentes ao contexto escolar. Dessa forma, a aprendizagem compreendida como fenômeno diverso e complexo, permite que as hipóteses surgidas para aclará-la não se anulem, mas se complementem.

Partindo das implicações descritas anteriormente, optou-se por investigar o problema de pesquisa sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), entretanto utilizando a *gamificação* como referência que fornece as estratégias didáticas para a construção do material pretendido. Dessa forma, serão utilizados resultados fornecidos à mecânica dos jogos por meio do estudo do cérebro e da compreensão dos processos cognitivos de controle e auto-regulação para produzir

um material didático cuja potencialidade significativa será analisada pelos pressupostos da TAS.

Entende-se, dessa forma, que os constructos teóricos utilizados para entender os empreendimentos cognitivos e o comportamento humano frente a circunstâncias de aprendizagem podem colaborar de forma expressiva na busca de alternativas para caracterizar textos de instrução em física. Acredita-se, assim, que podem motivar os estudantes com informações que façam sentido, a partir da interligação com conceitos prévios gradativamente ampliados e reconfigurados na estrutura cognitiva.

## 2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa

*“Perder tempo em aprender coisas que não interessam, priva-nos de descobrir coisas interessantes.”*

*Drummont*

*“[...] o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso os seus ensinamentos.*

*Ausubel*

Quando se deseja elaborar um material que permita a um aluno, sozinho, seguir em frente no aprendizado de determinado tema apenas pelo prazer em transpor o desafio da aprendizagem, pensar com mais cuidado naquilo que o estudante já sabe parece ainda mais fundamental. Pela impossibilidade de um livro didático modificar-se de acordo com o seu leitor, é necessário que o autor, de certa maneira, preveja as dificuldades que podem surgir e, dessa forma, seria interessante de sua parte se conseguisse manipular o texto de modo a motivar o aluno a dar continuidade ao aprendizado do novo tema.

Partindo do pressuposto apresentado anteriormente, acredita-se que a Teoria da Aprendizagem Significativa forneça as orientações necessárias para a análise do problema aqui estudado, pois considera os conhecimentos prévios componentes da estrutura cognitiva do aluno como principal elemento na aquisição de novos conceitos:

**Aprendizagem significativa** é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira **não arbitrária** e **substantiva** (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. (MOREIRA, 1997, p.1)

A ideia de Moreira (1997) apresentada anteriormente traz a conceituação da aprendizagem significativa a partir das construções teóricas de David Ausubel, as quais, para serem entendidas, subjazem duas características fundamentais destacadas: não-arbitrariedade e substantividade. Dessa forma, para entender mais precisamente a TAS, é importante discutir o significado de tais conceitos.

Quando Ausubel refere-se a uma aquisição de conhecimento não arbitrária refere-se a uma relação entre conceitos de forma “plausível, sensível e não aleatória” (AUSUBEL, 2000, p.1). A partir disso, Moreira (1997) pontua que tal relacionamento não pode ser, então, com qualquer conteúdo presente na estrutura cognitiva, mas com conhecimentos que apresentam relevância tanto para o indivíduo, dentro de suas ideias, como para o campo específico de conhecimento ao qual pertence a nova informação.

Os conceitos especialmente relevantes no processo de assimilação são chamados subsunçores, os quais serão os agentes responsáveis por ligarem-se às novas ideias que chegam à estrutura cognitiva do indivíduo. É um processo de ancoragem pelo qual conceitos novos são incorporados aos componentes da cognição. Nele, as proposições inéditas são aprendidas significativamente à medida que a interação com os aspectos preexistentes na edificação mental torna-se apropriadamente lógica.

Sobre a substantividade, Moreira (1997) explica que a incorporação significativa do novo conhecimento não se dá a partir dos vocábulos e situações específicas utilizadas na introdução das novas ideias, ou seja, não pode acontecer de forma literal. Dessa forma, é a essência dessas proposições, as quais aparecem expressas possivelmente por diversos significantes equivalentes, que deve ser assimilada. Um conceito não deve, portanto, acoplar-se exclusivamente a determinados signos particulares.

Em suma,

a essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente

expressas a [...] algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. (MOREIRA, 1997, p.2)

Tomando por base a afirmação acima, é possível questionar se um conceito novo sempre terá uma âncora adequada para incorporá-lo à estrutura cognitiva de quem aprende, pois, em caso negativo, a relação do material de aprendizagem com a cognição não originará significados para o sujeito. Esse tipo de aprendizagem, não preferível na teoria de Ausubel, caracteriza-se pela literalidade e arbitrariedade e é, portanto, denominada mecânica ou automática.

Moreira (1999) ressalta, entretanto, que a diferença entre a aprendizagem significativa e a mecânica dá-se pelo nível de relação que os conceitos possuem com os componentes da estrutura cognitiva do sujeito. Dessa forma, esses dois tipos de aprendizagem não guardam entre si um tipo de bifurcação ou antagonismo, mas ocupam os extremos de um caminho pelo qual um conceito pode passar de acordo com o nível de afinidade estabelecida com as unidades subsunçoras daquele que aprende.

Por ser uma corrente que, de certa forma, opõe-se ao comportamentalismo, pensa-se erroneamente ser inadmissível a aprendizagem por memorização, entretanto

[...] em diversos momentos, faz-se necessária a abordagem de uma outra forma de aprendizagem, a mecânica — por exemplo, no treinamento de procedimentos e rotinas; contudo é límpida a percepção de que a memorização simples, como aquela realizada no momento da aprendizagem mecânica, rapidamente leva à perda dos conhecimentos conquistados. (GOMES *et al*, 2009, p.26)

Gomes *et al* (2009), em sua fala, exemplifica algumas práticas que levam à aprendizagem mecânica e indica a sua necessidade e Moreira (1999) explica o porquê disso. De acordo com esse autor, a inexistência de subsunçores para ancorar um conhecimento advindo de um campo totalmente desconhecido pelo sujeito implica decerto em incorporação arbitrária da nova informação. Porém, como as aprendizagens mecânica e significativa formam um contínuo, à medida que novos conceitos passam a ocupar um lugar na estrutura cognitiva, relacionam-se entre si de modo a tornarem-se subsunçores cada vez mais sofisticados. Começa o processo de assimilação e a aprendizagem começa, assim, a dotar-se de significado.

## Assimilação

Para entender melhor como ocorre o empreendimento cognitivo de aquisição de novos conhecimentos e organização desses na estrutura cognitiva, Ausubel propôs a “teoria da assimilação”. De acordo com Moreira (2009b), nesse processo, há modificação tanto na informação recém adquirida como da organização dos conceitos preexistentes.

De forma geral, a teoria da assimilação estabelece que uma nova ideia **a** é ancorada por um subsunçor **A** e modifica o conhecimento já estabelecido, tornando-o mais estável, completo e elaborado. A interação resulta em um produto **A'a'** que combina os dois conhecimentos, o novo e o já estabelecido, ambos modificados. Esse processo é a assimilação. Segundo Moreira (1999), a fase de assimilação favorece a retenção de **a'**, pois nesse momento **A'** e **a'** podem ainda dissociar-se em elementos individuais.

Moreira (2009a) esclarece que, após a fase de assimilação, a ideia trazida por **a'** torna-se gradualmente menos dissociável de **A'** até que não possa mais ser reproduzida isoladamente e, então, **A'a'** torna-se simplesmente **A'**. Isso se dá porque há uma tendência de economia de memória, visto que a organização cognitiva tende a reduzir proposições detalhadas e informações específicas do novo conhecimento a ideias mais genéricas e estáveis, as quais encontram-se mais presentes no subsunçor modificado. Essa fase denominada assimilação obliteradora se dá, assim, às custas de esquecimento.

Moreira (1999) chama atenção para o fato de que, geralmente, o processo enfatizado na teoria de Ausubel é a aquisição de significado para uma ideia nova a partir da interação com os conceitos âncora, o que indica uma relação de subordinação das novas informações em relação à organização cognitiva preexistente. Por conta disso, a esse tipo de aprendizagem é dado o nome de *subordinada*. Contudo, ainda há duas outras maneiras que determinam a relação hierárquica entre as novas ideias e aquelas já estabelecidas.



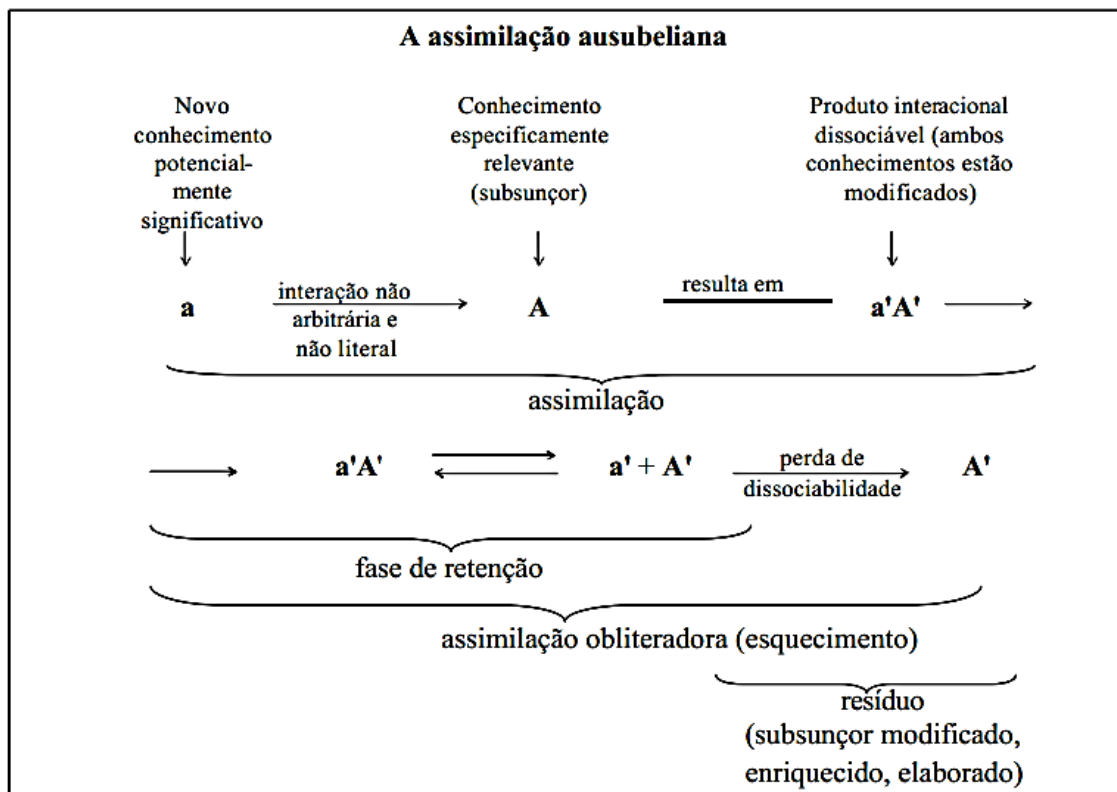


Figura 1: A aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel (MOREIRA, 2006, p.2)

Como já foi mencionado, a integração de novos conceitos à estrutura cognitiva modifica os subsunçores que a compõem. De acordo com Moreira (1999), essa modificação decorre de dois processos observados após alguns episódios de assimilação. Quando um conceito subsunçor modifica-se a partir da ancoragem de uma nova ideia ou há alteração na organização desses elementos que compõem a cognição nota-se os dois empreendimentos básicos da dinâmica da aprendizagem significativa, comentados em seguida.

Característica da aprendizagem subordinada, a *diferenciação progressiva* é o processo sofrido por um conceito subsunçor o qual adquire significados novos à medida que interage com novos conhecimentos. Essa modificação de significado torna o conhecimento prévio cada vez mais abrangente, rico e elaborado.

De outro modo, em situações onde há aprendizagem superordenada ou combinatória, elementos da estrutura cognitiva podem ser percebidos como relacionados e, a partir de um novo vínculo, reorganizam-se adquirindo novos significados. A essa recombinação de subsunções Ausubel dá o nome de *reconciliação integrativa*.

A partir da definição da *reconciliação integrativa*, é possível perceber que os dois processos elementares que ocorrem para reestruturar a cognição são interdependentes: à medida que uma ideia encontra vínculos conceituais com outras e amplia a sua rede de relacionamento com proposições diversas, torna-se mais diferenciado e abrangente.

Para explicar todo o empreendimento cognitivo defendido pela teoria de Ausubel, considerou-se a ocorrência de aprendizagem significativa, ou seja, pressupôs-se a existência de um material capaz de fornecer subsídios para que o indivíduo use conhecimentos prévios na aquisição de novas informações. Caracterizar esse tipo de material é um ponto essencial a ser tratado a partir daqui, haja vista que a elaboração de uma proposta instrucional que se aproxime ao máximo dessa descrição é um dos objetivos deste trabalho.

### **Materiais potencialmente significativos e organizadores prévios**

De acordo com Moreira (2009b), Ausubel acredita que a aprendizagem por recepção é suficiente para que o aluno consiga agregar os conceitos fundamentais para compor a sua estrutura cognitiva. É bom deixar claro que isso não significa uma aprendizagem passiva ou expositiva, mas apenas que o aluno não precisa descobrir para aprender, pois usa subsídios fornecidos para incorporar a nova informação de forma substantiva e não arbitrária. Quando um material tem subsídios com tais características é chamado potencialmente significativo.

A significatividade potencial de um material instrucional depende de sua significatividade lógica (natureza lógica, "aprendibilidade", relacionabilidade a ideias pertinentes) e da disponibilidade de subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 2009b, p.34)

Moreira (2011) esclarece que dar significado a qualquer conceito que seja depende daquele que está tentando aprender. Dessa maneira, um material instrucional não pode ser significativo, mas pode trazer elementos de modo a potencializar o significado lógico do conteúdo. Um material possui significatividade lógica quando apresenta exemplos, organização, estrutura e linguagem adequada. Assim, se o indivíduo possui conhecimentos prévios adequados, esse tipo de material tem grande chance de ser aprendido significativamente.

Lara e Sousa (2009), levando em consideração a TAS, elencaram algumas características que podem facilitar a associação entre o conteúdo do material e os conhecimentos que compõem o sistema cognitivo:

- Explorar recursos diversos: cores, imagens, som, simulações, animações e recursos multimídia em geral;
- Propor atividades que valorizem a participação do aluno e interação do mesmo com o professor e colegas;
- Discutir situações que se relacionam ao cotidiano do estudante;
- Apresentar coerência lógica e conceitual.

Contudo, há de se levar em consideração situações nas quais não existem subsunções adequados para receber novas informações. De acordo com Moreira (2008, 2011), para esses casos pode-se lançar mão de um organizador prévio. Na teoria de Ausubel, esse tipo de material instrucional tem uma função introdutória a ser explorada antes do material a ser aprendido, em si, de modo a fazer a ligação entre o que o aprendiz já sabe e os conhecimentos prévios que deveria possuir para que aprendesse significativamente as novas proposições.

Organizadores prévios caracterizam-se por serem mais abstratos, gerais e inclusivos. Por conta disso, podem auxiliar fundamentalmente de duas formas: oferecer as “ideias âncora” necessárias ou integrar ideias preexistentes no sentido de evidenciar ao estudante a ligação dessas com os novos conhecimentos, a qual, possivelmente, não está explícita:

No caso de material totalmente não familiar, um organizador “expositivo”, formulado em termos daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento, deve ser usado para suprir a falta de conceitos, ideias ou proposições relevantes à aprendizagem desse material e servir de “ponto de ancoragem inicial”. No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2008, p.2)

Moreira (2008) destaca, entretanto, que o uso de materiais instrucionais, sejam eles organizadores prévios ou o material a ser aprendido, em si, é somente uma maneira de incitar a modificação da estrutura cognitiva do aprendiz. Além de

um material adequado, o estudante precisa adotar uma postura de desejo em aprender. Na teoria de Ausubel, essas são as duas condições básicas para que ocorra a aprendizagem significativa. Não adianta um material apropriado sem que o estudante decida voluntariamente associar o seu conteúdo àquilo que já sabe.

Esta condição implica o fato de que, independentemente de quão potencialmente significativo possa ser o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos) (MOREIRA, 2009<sup>1</sup>, p. 13).

Por conta disso, no sentido de atuar também na motivação do aluno, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel fornece também diretrizes acerca do processo instrucional, indicando estratégias para que professores preparem suas aulas e textos didáticos. Assim, além de orientar a organização planejamento didáticos, a TAS colabora com sugestões de possíveis medidas a serem tomadas para que estudantes desenvolvam predisposição para novas aprendizagens.

### **Diretrizes ausubelianas para a organização do ensino e prática pedagógica**

As orientações para aprendizagem de acordo com a teoria de Ausubel são voltadas para situações de ensino formal nas quais há interação com um material, seja ele apresentado por um professor ou por outros meios. De acordo com Moreira (2012), partindo-se do princípio de que o objetivo da aprendizagem significativa é a aquisição de um corpo organizado de conhecimentos culturalmente estabelecido, mas com significado para o sujeito, a TAS pressupõe que a aprendizagem nesse contexto é primordialmente receptiva.

Ausubel (2000) salienta que o significado de receptividade deve ser analisado criteriosamente para que não seja associado arbitrariamente aos processos de memorização. O autor argumenta que frequentes fracassos em programas de ensino por recepção que priorizam as lições expositivas, e que levaram professores a rejeitarem tais práticas em favor da aprendizagem por descoberta, agregaram características que justificam as falhas ocorridas.

O descuido com o nível da linguagem, a falta de vínculo entre as novas tarefas de aprendizagem e os materiais apresentados anteriormente, a

apresentação desconexa entre conteúdos que subjazem princípios de organização e explicação e o uso de procedimentos avaliativos que prezam o reconhecimento de fatos isolados ou a reprodução literal de explicações submetidas ao mesmo contexto de aprendizagem, fomentaram o ponto de vista de que o ensino pautado na receptividade e exposição instrui verbalismos privados de compreensão e significado.

Moreira (2012), pelos motivos apresentados, questiona a repulsa pela aprendizagem por recepção nas atuais discussões educacionais. De acordo com a teoria de Ausubel, aprender dessa forma não representa passividade ou ensino expositivo tradicional: A “recepção” do novo conhecimento pode ser, por exemplo, através de um livro, de uma aula, de uma experiência de laboratório, de um filme, de uma simulação computacional, de uma modelagem computacional, etc..” (MOREIRA, 2012, p.13). Tudo isso pressupõe, caso o estudante esteja predisposto, empreendimentos cognitivos no sentido de relacionar novas informações com conhecimentos preexistentes.

Em suma, Ausubel acredita que, independente da forma como o conhecimento será adquirido, o que importa é a estrutura cognitiva prévia do aprendiz. Se o aluno aprende tomando como ponto de partida o que já sabe, basta que os conhecimentos veiculados sejam potencialmente significativos para serem incorporados aos conhecimentos prévios. A predisposição para aprender, inclusive, apresenta-se também dependente desses últimos, haja vista que estudantes que dominam significativamente um conteúdo tendem a se inclinar para novas aprendizagens na mesma área ou em áreas conexas: “quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe a novas aprendizagens na área” (MOREIRA, 2006, p. 4).

Ausubel (2000), partindo desse princípio de que a organização e o conteúdo da estrutura cognitiva do aluno no momento da aprendizagem, sobre determinado campo de conhecimentos, é o mais importante aspecto cognitivo que determina a aprendizagem significativa, apresenta as duas maneiras de influenciar tais fatores:

- 1) *substantivamente*, pela apresentação, ao aprendiz, de conceitos e princípios unificadores e inclusivos com maior poder explanatório e propriedades integradoras;
- 2) *programaticamente*, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino (MOREIRA, 1999, p.161).

De uma maneira geral, esses fatores pressupõem que o planejamento da ação pedagógica começa pela identificação dos conceitos e princípios de um conteúdo e sua organização e então parte para a escolha dos métodos e técnicas de ensino, bem como a sequência de apresentação de uma matéria. Em relação à organização sequencial dos conteúdos, a TAS sugere preceitos os quais podem levar a um planejamento eficiente da ordenação dos mesmos.

Moreira (1999, 2012) explica que os princípios programáticos defendidos por Ausubel nada mais são que a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa*. Considerando tais aspectos, o delineamento do currículo deveria começar pela identificação das ideias-chave, mais inclusivas, que vão se diferenciando progressivamente por meio de exemplos e situações de ensino. Nessa perspectiva, conceitos gerais e específicos evidenciam ao mesmo tempo diferenciações e reconciliações à medida que se percorre repetidas vezes as hierarquias conceituais.

Dentro do contexto apresentado, é possível então enumerar as quatro tarefas fundamentais do professor dentro da TAS: identificar os conceitos mais gerais que estruturam um conteúdo e organiza-los hierarquicamente, identificar as ideias prévias necessárias para que esses sejam aprendidos significativamente, diagnosticar quais dessas ideias estão presentes nos estudantes e, por último, selecionar recursos de ensino que viabilizem a aquisição de significados precisos, sólidos e transferíveis.

Moreira (2012) argumenta que, no entanto, esses fatores são raramente observados tanto nas práticas educacionais quanto nos livros didáticos escolhidos. Para ambos os casos, a organização do conteúdo é linear e vai na direção do mais simples para o mais complexo, ou seja, vai agrupando conceitos de forma sequencial sem que apresentem uma visão que evidencia as relações conceituais em um contexto mais amplo. Como forma de evitar essa falta de estruturação dos conceitos nas situações de aprendizagem, a teoria de Ausubel sugere também considerar os princípios da *organização sequencial* e da *consolidação*.

Usar a *organização sequencial* significa, de acordo com Moreira (2012), tirar proveito dos encadeamentos sequenciais característicos do corpo estruturante de cada matéria de ensino. Ausubel defende que, se os assuntos são organizados de

modo a depender espontaneamente de seus antecessores, então o aprendiz consegue estruturar a rede hierárquica de subsunções mais facilmente.

Já em relação à *consolidação*, o autor explica que deve haver insistência na consolidação de conhecimentos prévios antes que os novos sejam apresentados. Isso significa que, no processo instrucional, deve-se considerar estratégias que clarifiquem e estabilizem proposições ancoradas. Aprendizagem significativa demanda exercício e prática. Ausubel (2000) não deixa de considerar que esse objetivo possa acontecer por repetição ou ensaio, entretanto sua teoria deixa claro que a forma como acontecem é que vão determinar se a aprendizagem foi significativa:

A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual, um campo de situações, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode levar um tempo relativamente grande. No contexto da aprendizagem significativa, consolidação significa que ela não é imediata e que exercícios, resoluções de situações-problema, clarificações, discriminações, diferenciações, integrações são importantes antes da introdução de novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p.21)

Mais um recurso considerado fundamental na promoção de aprendizagem significativa, além dos apresentados anteriormente, é a *linguagem* visto que representa um fator intrínseco a qualquer ferramenta humana de percepção da realidade. Já que aprendizagem significativa subjaz à compreensão de significados, a negociação entre a interpretação do aluno e os sentidos aceitos dentro de um corpo disciplinar depende fundamentalmente da linguagem.

Por conta do necessário compartilhamento de significados, a linguagem é usada pelo professor ou pelos materiais para apresentar as significações, assim como o aprendiz recruta recursos linguísticos para externalizar o que captou. Conclui-se dessa premissa apresentada por Ausubel (2000) que a exposição clara das ideias de acordo com o nível vocabular e semântico do aluno é essencial, de modo que, se o professor percebe um disparate nas acepções negociadas, pode dialogar novamente utilizando uma nova manipulação de palavras.

Moreira (2012) afirma que o empreendimento de captação dos significados aceitos em determinado campo de conhecimento pode ser extenso e só termina quando o aluno capta os conceitos de forma consistente. Em outras palavras, a aprendizagem significativa é processual, já que os novos conhecimentos tornam-se

significativos à medida que o aluno os compreende. A partir disso, é natural se pensar que a avaliação da aprendizagem deve buscar essa compreensão progressiva e não primeiramente “respostas exatas”, pois essas podem resultar de aprendizagem mecânica.

De acordo com a TAS, a avaliação de aprendizagem significativa pressupõe um enfoque no qual se avalia se os estudantes são capazes de utilizar as proposições aprendidas em situações mais distantes das utilizadas durante o aprendizado. De acordo com Moreira (2012), essa prática pode fornecer evidências, mas não provas, de aprendizagem significativa, haja vista que abastece o professor de subsídios para inferir se houve adequada captação de significados.

Moreira (2012) afirma ser muito difícil a avaliação da aprendizagem significativa, pois pressupõe não só uma nova concepção de avaliar, mas uma reformulação no próprio modelo atual de ensino. Isso implica na busca de estratégias e instrumentos didáticos que potencializem a aprendizagem significativa. Apesar de a teoria de Ausubel fornecer algumas ferramentas como *mapas conceituais*, *diagramas em V*, além dos *organizadores prévios*, é possível, na medida que o professor entende melhor o seu corpo de conhecimentos como também vivencia variadas situações de ensino, que se proponha ferramentas que promovam uma aquisição substantiva e não-arbitrária de um conteúdo.

Nessa perspectiva, apresenta-se a seguir algumas contribuições da *gamificação* para a elaboração de um material instrucional com o objetivo de viabilizar a aprendizagem significativa. Dessa forma, busca-se atingir o aluno tanto em relação à significância do material, como na predisposição para aprender (motivação).

## **2.2. Gamificação**

No início deste texto, algumas considerações foram feitas acerca da forma monótona e cansativa como os estudantes enxergam, na maioria das vezes, a disciplina de física e como os materiais didáticos acessíveis aos estudantes colaboram para o desinteresse em relação a essa matéria. Entretanto, a partir dos pressupostos discutidos na seção anterior, é possível ter a esperança em novas



perspectivas capazes de ajudar na modificação do quadro desmotivador que está instalado.

A partir desse ponto, esbarra-se em dois conceitos estritamente ligados ao entendimento acerca da intenção e predisposição do estudante para aprender. São eles a atenção e a motivação. É recorrente que, em uma situação em que se julga incapaz de aprender, o estudante simplesmente passe a ignorar um conteúdo, episódio geralmente acompanhado de frustração. Portilho (2011) defende que transpassar esse sentimento é importante para manter ou retomar a atenção do aprendiz, o que é indispensável para que o material de aprendizagem seja processado de forma significativa. A autora descreve sua recomendação para que isso aconteça:

[...] ao apresentar materiais interessantes na sua forma e conteúdo e selecionando as informações mais relevantes, o professor estará atraindo a atenção dos estudantes, ativando neles a motivação, requisito para a atenção. A apresentação de algo novo ou discrepante será bem recebido, principalmente porque rompe com a rotina e a monotonia didática. (PORTILHO, 2011, p.117)

É nesse sentido que entra o conceito de *gamificação*. Fardo (2013) o descreve como sendo o uso, fora do contexto dos jogos, dos elementos que compõem os *jogos* a fim de buscar a motivação e o envolvimento que normalmente são encontrados em jogadores quando interagem com bons jogos. O autor, entretanto, sintetiza a definição de Kapp (2012), o qual descreve a *gamificação* como sendo uma aplicação cuidadosa de todos os elementos dos *jogos*, desde a mecânica e estética aos pensamentos e estratégias utilizados nos jogos, na resolução de problemas e na potencialização da aprendizagem.

Ainda podem ser encontradas outras definições nos trabalhos de Lee e Hammer (2011) e Simões, Redondo e Vilas (2013), entretanto todas apontam para o aproveitamento do potencial motivador dos *jogos* na análise e solução de problemas concretos. É bom esclarecer, contudo, que essa abordagem não implica na recriação virtual do problema, mas no uso das “mesmas estratégias, métodos e pensamentos utilizados para resolver aqueles problemas nos mundos virtuais em situações do mundo real” (FARDO, 2013, p.3).

Dentro do que se discute neste trabalho, é coerente conceber o tal “problema real” como aquele relacionado à falta de motivação e empenho dos estudantes, principalmente em relação ao entendimento e uso do material didático em física. De acordo com Lee e Hammer (2011), os altos índices de evasão escolar no ensino estadunidense tem o seu cerne justamente na falta de motivação dos estudantes, o que parece não divergir muito da realidade brasileira. Os autores acreditam que driblar esse problema é o maior desafio do sistema educacional americano e que a *gamificação* apresenta-se como uma alternativa para buscar um maior envolvimento por parte dos discentes.

Entretanto, é possível refletir: dentro do contexto escolar, já existem elementos de jogos, os quais, inclusive, já foram criticados por alguns autores da área de psicologia da aprendizagem. Medalhas, recompensas e pontos por completar uma tarefa fazem parte do ideal comportamentalista e estão inseridos no meio educacional, mas, ao mesmo tempo em que jogos possuem muitos apreciadores, a escola não consegue envolver os estudantes: a existência de elementos dos jogos não implica engajamento.

Lee e Hammer (2011) justificam que a falta de envolvimento acontece não só em nível social, mas também emocional, e é gerada pela formalidade com que as regras escolares são postas aos estudantes. Nesse sentido, a *gamificação* não seria uma tentativa de transformar a aprendizagem em um jogo, mas de entender em que circunstâncias “elementos de jogo podem orientar o comportamento em situações de aprendizagem” (LEE e HAMMER, 2011, p.2). De acordo com esses autores, o uso da *gamificação* pode deixar as regras mais leves, além de proporcionar diferentes experiências emocionais nos estudantes.

De acordo com Koster (2005), o qual descreve o lúdico com base na neurociência, a diversão no jogo é uma fonte de prazer causada pela liberação de neurotransmissores quando se aprende algo ou quando se domina uma tarefa: nos jogos, a aprendizagem é indutora de prazer. Já que o cérebro trabalha com recompensas na forma química, a diversão, para o autor, seria um tipo de aprendizagem e aprender seria, portanto, a própria motivação para o aprendizado.

Essa última ideia de Koster (2005) é estreitamente consoante com a teoria da aprendizagem significativa. Mas, se aprender é fonte de prazer para o cérebro, porque a aprendizagem seria tão tediosa para a maioria das pessoas? O autor

pressupõe que o método de transmissão está equivocado, visto que “louvamos os bons professores dizendo que estes tornam o aprendizado mais divertido” (KOSTER, 2005, p.46), entretanto eles são raros.

Motivação, tédio e prazer revelam que deve existir também uma relação entre a aprendizagem e a emoção. Tal intuição pôde ser demonstrada pelo trabalho de Frank e Tomaz (2000), por exemplo. Os pesquisadores mostraram que o cérebro tem a capacidade de escolher o que vai armazenar na memória com base no apelo emocional que as informações contêm. Koster (2005) complementa, ao relacionar a diversão aos jogos, dizendo que o cérebro é eficaz em descartar informações irrelevantes e, principalmente, incompreensíveis. Jogos previsíveis demais, ou que demandem habilidade além da que o jogador possui, estão fadados ao fracasso, assim como a aprendizagem com essas características.

Apesar de não poder superestimar as habilidades dos estudantes/jogadores, alguns desafios devem permear, obrigatoriamente, a diversão/aprendizagem. Episódios caracterizados por surpresas, estresse e atenção profunda promovem uma intensa liberação de neurotransmissores e hormônios do estresse em direção à área do cérebro responsável pelo processamento das emoções. Tais hormônios, quando em doses não exageradamente aumentadas, facilitam a consolidação de memória de longo prazo, de modo que é possível concluir que cargas de emoção aumentam significativamente a probabilidade de aprendizagem.

Nesse sentido, Simões, Redondo e Vilas (2013) justificam que a extração dos elementos dos jogos que os tornam divertidos e a adaptação dos mesmos aos processos de ensino podem induzir nos estudantes desejos e motivações que levam às emoções referidas anteriormente. Para cada elemento da mecânica dos jogos, os autores associam a dinâmica relacionada à emoção evocada (ver tabela Tabela 1:).

*Tabela 1: Dinâmica e mecânica dos jogos. (Traduzido de Simões, Redondo e Vilas (2013))*

Elementos do jogo	
Mecânicas do jogo	Dinâmica do jogo
Pontos	Recompensa
Níveis	Condição/estado
Troféus, medalhas e conquistas	Conquista
Bens virtuais	Auto expressão
Tabela de classificação	Competição
Presentes virtuais	Altruísmo

Todos esses elementos citados resumem as características comuns a todos os jogos e que, portanto, os caracterizam como tal. Contudo, é preciso descrever com mais detalhes essas qualidades a fim de se saber que potencialidades podem ser aproveitadas no âmbito educacional, principalmente quando se fala em um material potencialmente significativo. Como já foi esclarecido anteriormente, o sucesso de uma *gamificação* consiste em criar algo divertido, mas para que isso se torne uma experiência de aprendizagem, deve se verificar a presença das características discutidas a seguir.

### **Dificuldade progressiva, *feedbacks* rápidos e tratamento do erro**

A teoria da aprendizagem significativa pressupõe, por parte do professor, uma organização sequencial do conteúdo de modo a aproveitar as dependências conceituais na assimilação e transformação do conhecimento. Essa prerrogativa vai de encontro ao primeiro elemento essencial de um jogo: a consideração da habilidade do jogador na formulação da sequência de tarefas.

Como se está falando em *gamificação* de um material instrucional, a formulação do texto que o comporá pressupõe a avaliação das habilidades prévias dos estudantes tanto para realizar as tarefas propostas, como para aprender o conteúdo específico que está por trás delas. Para manter essa motivação, Koster (2005) afirma que deve haver um desafio, contudo esse deve ser pensado de forma a exigir bastante raciocínio, porém possível àquele que está resolvendo o problema.

A partir do que foi dito, é necessário observar se o jogo não demanda habilidade que o jogador não tem, pois, se o ser humano em sua essência busca diminuir a dificuldade das tarefas, a maneira mais fácil de fazer isso é não jogar. Para contornar isso, Simões, Redondo e Vilas (2013) defendem que um jogo deve ser concebido para fazer o jogador acreditar nas suas chances de sucesso, de modo que adaptar os objetivos de uma tarefa às suas habilidades melhore a motivação, ou seja, as expectativas em completar a tarefa com eficácia.

Kapp (2012), por sua vez, fala em envolvimento sem esforço. De acordo com esse autor, o desafio envolve a pessoa dentro de um nível de dificuldade o qual é possível trabalhar. Para que isso aconteça de forma comedida, o autor sugere que o

aumento da dificuldade das tarefas em função da habilidade dos estudantes deva ser feito a partir da divisão os empreendimentos mais complexos em sub-tarefas. Segundo Simões, Redondo e Vilas (2013), essa quebra ajuda os estudantes a lidar com partes do problema antes de resolvê-lo no todo. Os estudantes podem escolher diferentes rotas para atingir o objetivo maior quando escolhe que sub-tarefas realizará primeiro.

Essa ampla possibilidade de exploração do problema desperta no jogador/estudante a vontade de previsão, de modo que incita a criação de estratégias. De acordo com Koster (2005), essa característica permite a quem joga observar o problema sob várias perspectivas e ponderar se possui todas as ferramentas para seguir em frente. O rigor, mais do que a velocidade de ação, é um fator importante para que se façam as escolhas certas de modo a aumentar as chances de vencer.

Apesar da possibilidade de se programar, o fracasso ainda pode ser fruto de más escolhas e falhas ao monitorar todas as variáveis que compõem uma tarefa. Entretanto, em um jogo, se lida com o fracasso de uma maneira diferente. De acordo com Koster (2005) a falha deve ter um custo mínimo para que o jogador torne a repensar suas estratégias. Segundo Kapp (2012) e Simões, Redondo e Vilas (2013) em um processo de aprendizagem “gamificado”, a falha é considerada parte do aprendizado e o seu custo, que não deve ser uma punição, visa incentivar novas tentativas, aumentando o nível de envolvimento com a tarefa.

Um novo tratamento para o erro, além de permitir aos estudantes repensar suas estratégias, evita o temor gerado diante da possibilidade de falhar: a próxima tentativa permite um preparo diferente. Diante disso, Koster (2005) comenta que algo caracterizado com mecânica de jogo deve permitir a experimentação repetida, ou seja, que devem ser dadas novas chances para que as tarefas de aprendizagem sejam refeitas e repensadas.

Tais ideias apresentadas dialogam com a maneira como a TAS concebe a formação e modificação da estrutura cognitiva. Moreira (2006) defende que os modelos mentais têm como principal característica a recursividade, ou seja, a capacidade de se modificar com o tempo a partir da hora em que um estudante percebe falhas em sua funcionalidade. Da mesma maneira, a falha nas escolhas das estratégias usadas em uma tarefa aciona os dinâmicos processos cognitivos, os

quais podem, caso haja novas oportunidades, repetir-se até que se torne funcional no alcance do objetivo proposto.

O professor ou um jogo que assume o papel de ensinar pode facilitar aquela reorganização da estrutura cognitiva dos que aprendem ao adotar um sistema de *feedback*. De acordo com Kapp (2012), isso significa indicar se a pessoa está seguindo uma linha de raciocínio correta para que o jogador se mantenha em um estado de segurança que estimula, inclusive, a procura por novas estratégias.

Lee e Hammer (2011) defendem que os rápidos *feedbacks* favorecem uma visão positiva do fracasso porque é permitido que os jogadores continuem suas tentativas até atingir o objetivo, de modo que arriscam pouco ao fazê-lo. Geralmente, essa relação é invertida nos processos educacionais: os estudantes não podem tentar tantas vezes e cada falha tem um custo muito alto, geralmente em forma de punição.

Fardo (2013) sugere que essa condição pode ser modificada por meio do uso dos princípios da *gamificação* ao se estabelecer um sistema de nota incremental, atribuído ao longo de um período onde serão realizadas várias tarefas. Além de possibilitar um maior número de oportunidades de sucesso para os estudantes, o uso de *feedbacks* como estratégia de ensino permite também um contato maior com os conhecimentos a serem assimilados.

Simões, Redondo e Vilas (2013), por sua vez, enumeram de que maneira o manejo das estratégias de *gamificação* podem ajudar o professor. De acordo com os autores, em diálogo com o que foi dito anteriormente, o professor pode, nas aulas ou em qualquer ferramenta didática: criar desafios com dificuldade aumentada de acordo com a habilidade dos estudantes, criar vários caminhos para se atingir um objetivo, de modo que os estudantes superem metas intermediárias e fornecer *feedbacks* imediatos, os quais auxiliam no progresso das tarefas de maior complexidade que se seguirem.

Em suma, o uso da *gameficação*, pode aumentar a frequência de *feedbacks* e, em contrapartida, permitir que os próprios estudantes avaliem suas capacidades, buscando sua modificação quando necessário. Dessa forma, dá-se valor mais ao esforço que à conquista final. Isso é interessante porque, como afirma Koster (2005), a glória de um jogo é também seu problema: se você realmente aprendeu o que o jogo queria ensinar, acabou o desafio. Vencer determina o fim da diversão.

### **Desafio, diversão e recompensas (inclusive bioquímicas)**

Lee e Hammer (2011) afirmam que o uso da *gamificação* pode “mudar as regras, mas também pode afetar as experiências emocionais dos estudantes” (LEE e HAMMER, 2011, p.2). Tal apontamento concorda com a visão de Koster (2005) acerca dos jogos, haja vista que o mesmo defende que o empreendimento lúdico é intrinsecamente fonte de aprendizado motivada principalmente pelo prazer que proporciona. O prazer a que o autor se refere está relacionado às emoções causadas pelo ato de aprendizagem, as quais possuem origem bioquímica.

No momento em que um jogador recebe um estímulo positivo, a região do cérebro responsável pela sensação de bem-estar, o que caracteriza intrinsecamente a diversão, reforça o comportamento daquele em relação ao jogo. Sem utilizar esse cunho científico, a teoria ausubeliana tem a mesma prerrogativa para os fenômenos da aprendizagem: a motivação para aprender está relacionada às emoções provocadas pelo contexto, ou seja, a sensação agradável quando se percebe capaz de explicar fenômenos ou vencer um desafio usando apenas o que já se sabe. Tal situação motiva um estudante a explorar mais determinado tema.

O sentimento de triunfo é divertido. De acordo com Koster (2005), a diversão é resultado de um processo cognitivo causado essencialmente pelo desafio. Por conta disso, um jogo, ou qualquer ferramenta de aprendizagem baseada em seus elementos, não pode ser completamente previsível. Isso significa que, sem ultrapassar o limite das capacidades do aluno/jogador, imprevisibilidade implica em incentivar o aprendizado de novos padrões subjacentes, o que também é divertido.

Tarefas fáceis e previsíveis frustram e desmotivam o cérebro da mesma ordem que as muito complexas e difíceis, de modo que é necessário aliar as motivações extrínsecas às intrínsecas. O fornecimento de bons desafios aliado com prêmios e retribuições pelas tarefas concluídas com êxito estimulam as emoções, principalmente aquelas desencadeadas pelos centros neurais de prazer: “Recompensas são um dos principais componentes de uma atividade de jogo de sucesso, se não há uma vantagem quantificável para fazer alguma coisa, o cérebro, muitas vezes, deixa de mão” (KOSTER, 2005, p. 120).

Lee e Hammer (2011), assim como Fardo (2013), acreditam que a interação é um elemento de jogo bastante positivo para a promoção do desafio e,

consequentemente, da motivação. De acordo com esses autores, promover a competição e a colaboração potencializam experiências emocionais significativas como a alegria, curiosidade, otimismo e orgulho. Isso pode ser explicado pela fala de Simões, Redondo e Vilas (2013), os quais defendem que a disputa e cooperação aliadas despertam desejos e motivações os quais alimentam a vontade de prosseguir.

Apesar de a maioria dos apontamentos a favor da *gamificação* das ações didáticas avaliarem as emoções ligadas mais estreitamente com os processos cognitivos, há também algumas considerações acerca da dimensão formadora que a proposta pode assumir. Segundo Lee e Hammer (2011), o uso de elementos de jogos na aprendizagem gera boas emoções quando o aluno atinge o objetivo desejado, entretanto, assim como nos *jogos*, podem gerar frustrações. Nesse sentido, Simões, Redondo e Vilas (2013) ponderam que atitudes podem ser tomadas por estudantes, pais e professores de forma a minimiza-las.

De acordo com esses mesmos autores, pensar a escola de acordo com elementos dos jogos ajuda a promover o “status” social dos estudantes a partir do momento em que essa proposta incentiva a avaliação e posterior reconhecimento dos mesmos por suas realizações. A partir disso, os estudantes podem experimentar o chamado sentimento de fluxo, situação na qual há um alto nível de envolvimento e segurança em relação a aprender um conteúdo ou realizar uma atividade de aprendizado.

Simões, Redondo e Vilas (2013) defendem que recompensas sociais, desde validação das menores tarefas em sala de aula até os maiores reconhecimentos acadêmicos, por colegas, familiares e professores, reforçam uma nova identidade à escola. Essa nova concepção molda o contexto escolar como proporcionador de atividades realizadas espontaneamente pelos estudantes pelo prazer que causam, e não por uma motivação externa.

Em suma, caso os professores e demais agentes escolares saibam manipular as diversas variáveis desse contexto em função dos elementos dos jogos, tornando o processo divertido e, portanto, motivador, poderão melhorar o envolvimento dos estudantes com a aprendizagem. Tal situação poderia implicar em uma melhora dos estudantes em assimilar as habilidades que caracterizam o objetivo da educação formal.



## Estética e linguagem dos jogos

De acordo com Koster (2005), além de desafios que consideram a habilidade do jogador e de regras bem definidas para garantir a diversão, jogos de sucesso também tendem a incorporar o que o autor chama de “sensação de espaço”. Mesmo em jogos virtuais, deve ser claro para os jogadores o local onde acontecerá toda a interação. Pode ser um cenário, virtual ou em forma de tabuleiro concreto, mas o importante é que metáforas e representações visuais façam parte da estrutura mecânica dos jogos.

Entretanto, é bom salientar que não são as metáforas presentes nos jogos que o caracterizam como tal, visto que essas são apenas configurações de cenário. Dentro dessa perspectiva, é possível dizer que as narrativas adicionam um toque interessante ao jogo, mas sem elas sua essência se mantém, ou seja, o *game* continua ensinando os mesmos padrões subjacentes. “De um modo geral, as pessoas não jogam por causa das histórias. As histórias que envolvem os jogos são, geralmente, acompanhamentos para o cérebro” (KOSTER, 2005, p. 86).

Imagens, sons e histórias promovem identificação dos jogadores com o jogo, principalmente pela experiência estética que promovem. Tais elementos provocam um apelo emocional que não deixam de caracterizar uma forma de diversão e, portanto, têm o papel de aperfeiçoar o jogo e gerar motivação. Quando se fala em aprendizagem, Fardo (2013) endossa que estabelecer tal apreciação sinestésica nas situações de aprendizagem constitui uma boa razão para que os estudantes canalizem sua atenção para aprender.

De acordo com Kapp (2012) e Fardo (2013), as narrativas e seus elementos incorporam os objetivos das tarefas de aprendizagem e fornecem um contexto para a sua aplicação, além de torna-las mais envolventes. Assim como nos jogos a história justifica as ações dos personagens, a inserção de elementos narrativos nas situações de aprendizagem ajuda a responder à famosa pergunta “para que estou aprendendo isso?”. Dessa forma, o contexto permite que os estudantes compreendam o porquê de estarem se dedicando à tarefa proposta.

Dentro dessa perspectiva, Lee e Hammer (2011) sugerem trocar o nome das tarefas e atribuir papéis bem determinados aos jogadores. Segundo eles, quando os

aprendizes exercem as atividades escolares sob esse tipo de regra, sentem-se em um ambiente escolar mais leve e podem até mudar seus autoconceitos como estudantes porque permite que assumam novos papéis e identidades. Quando isso acontece, os estudantes passam a ter que tomar decisões sob o ponto de vista de seu avatar, de modo que também permite ampliar a visão acerca do problema.

Simões, Redondo e Vilas (2013) concordam com a ideia de propor que os estudantes desempenhem papéis diferentes e acrescentam que é uma maneira segura de experimentar diferentes lados de si mesmo sem o compromisso de modificar a própria identidade. É uma oportunidade de explorar outros aspectos pessoais em um contexto controlado ou, para o caso de uma narrativa já construída, colocar-se no lugar do personagem para explorar o problema sob a perspectiva dele.

A ideia apresentada já se tornou estratégia de resolução de problemas em alguns livros de física, os quais sugerem que os estudantes imaginem-se na condição de um bloquinho usado em mecânica ou um elétron dentro de um fio. Apesar de pesquisa feita por Kapp (2012) ter demonstrado mais vantagens no uso de avatares e personagens que mantém características próximas ao jogador quando se fala em envolvimento com as tarefas, assumir o papel de um objeto de estudo da física parece uma ideia bastante interessante quando se quer fazer hipóteses sobre um problema.

Fardo (2013) generaliza as ideias apresentadas sugerindo que não só os elementos da narrativa sejam levados para a sala de aula, mas também o vocabulário dos jogos referentes a ela. Assim, as tarefas passam a ser consideradas como missões cujo feedback é dado rapidamente, fazer exercícios é semelhante a derrotar inimigos, as notas passam a ser incrementais a partir dos pontos obtidos pelo personagem ao longo de toda a experiência de aprendizagem. Em suma, o objetivo final da aprendizagem torna-se evoluir o personagem a partir do cumprimento dos desafios colocados.

Para concluir essa seção, fica a reflexão de Lee e Hammer (2011):

A gameficação pode motivar os estudantes a participar em sala de aula, dar aos professores melhores ferramentas para orientar e recompensar os estudantes, e que os estudantes trazem seus eus completos para a busca de aprendizado. Pode mostrar-lhes os caminhos que a educação pode ser uma experiência alegre, e a indefinição de fronteiras entre aprendizagem informal e formal pode inspirar os estudantes a aprender em todos os seus domínios, ao longo da vida, e da vida maneiras profundas. (LEE e HAMMER, 2011, p.4)

Apesar de ser uma proposta ainda emergente, é possível perceber que há uma grande aposta na abordagem discutida. Utilizar reforços, histórias, interação, competição e cooperação, desafios, diversão, regra bem definidas e um tratamento especial para o erro parecem ser elementos os quais os professores podem se apropriar com vistas a colher os frutos pedagógicos e sociais citados.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

### 3.1. Método de investigação e caracterização da amostra

O método de investigação experimental foi o escolhido para explorar o problema apresentado no capítulo 1, visto que se buscam indícios de aprendizagem significativa dos estudantes após a aplicação de uma metodologia diferente do habitual a fim de validá-la. Dessa forma, foram compostos grupos aleatórios, aqui denominados controle (GC) e experimental (GE), dos quais se procurou aferir quantitativamente, por meio de testes de igual teor, o conhecimento acerca da modelagem de problemas físicos antes e depois da aplicação da proposta didática.

A pesquisa teve como grupo amostral estudantes de duas turmas de 9º ano do Ensino Fundamental, com faixa etária média de 14 anos, de uma escola particular da cidade de Taguatinga, cidade do Distrito Federal, onde o pesquisador exerce suas atividades laborais, totalizando 70 estudantes. Desse número, a maioria dos estudantes encontra-se na série adequada para a sua faixa etária.

As atividades foram desenvolvidas por um período de quatro semanas durante o horário regular destinado às aulas de Física, matéria para a qual se destinam duas horas-aula por semana na unidade educacional referida, o que totalizou oito aulas do 1º bimestre letivo. Após a aplicação do pré-teste, o GE foi submetido ao material instrucional elaborado, bem como às aulas direcionadas por ele, enquanto o GC seguiu assistindo a aulas ministradas pelo mesmo professor, mas elaboradas sem o enfoque dado pelo material didático proposto.

É necessário apontar que os estudantes da série aqui tratada já possuíam certo grau de instrução em Física. Além dos conteúdos tratados nas disciplinas de ciências, é prevista para o 8º ano da instituição de ensino referida a abordagem de tópicos iniciais de física tais como a discussão escalar dos movimentos uniformes, o estudo das trocas de calor e, de forma qualitativa, as transformações da energia. Entretanto, não se pode garantir que tenham assimilado os conceitos físicos da maneira condizente com as descrições científicas aceitas.

Em relação ao domínio dos conteúdos de Matemática, as turmas participantes já haviam visto os conteúdos de resolução de equações simples, mas a minoria apresentou proficiência adequada para resolvê-las, como foi possível

verificar ainda no pré-teste, que será comentado posteriormente. A mesma análise pode ser feita em relação ao tratamento matemático das proporcionalidades e o uso do plano cartesiano, pois, apesar de já terem sido tópicos abordados em anos anteriores, existiu dificuldade em lidar com esses mecanismos.

A fim de se manter a isonomia acerca da equivalência de conhecimento e atitude dos estudantes, as duas turmas foram designadas aleatoriamente para comporem GC e GE. Essas classes ficaram dispostas da mesma maneira como de costume pela escola: cada turma em sua própria sala, entretanto assistindo a aulas de mesmo conteúdo com metodologias distintas de ensino. Não foram feitas alterações significativas na rotina de trabalho, de modo a deixar o ambiente de forma mais natural possível, evitando, assim, o aparecimento de novas situações que modificassem as condições ambientais da escola.

Devido aos objetivos da pesquisa, bem como à sua abrangência, já explicitados anteriormente, acredita-se também ser a pesquisa-ação aliada à análise experimental a melhor estratégia para interpretar os dados necessários à verificação da hipótese, isso porque esse tipo de estudo tem como objetivo a avaliação dos resultados produzidos por uma intervenção previamente planejada. As vantagens dessa forma de abordagem advêm da possibilidade de que o pesquisador reflita criticamente sobre suas ações, principalmente a partir da interação com os participantes da pesquisa.

Escolheu-se, dessa forma, elaborar um questionário estruturado com respostas predefinidas em função da hipótese. Os enunciados foram afirmativas acompanhadas de uma escala denominada Likert, composta por níveis de concordância em relação às declarações, que variam entre desacordo total, desacordo, sem opinião, acordo e acordo total. A escolha desse instrumento se deu por conta da simplicidade de construção, da facilidade em ser aplicado a um grande número de pessoas, a facilidade e rapidez com que as respostas podem ser dadas e a uniformidade nas respostas.

As vantagens apresentadas pela escala Likert parecem ser mais adequadas aos estudantes visto que, nessa faixa de desenvolvimento, ainda encontram-se muitas dificuldades na expressão escrita, além da impaciência em escrever respostas elaboradas, o que poderiam constituir entraves na análise posterior das respostas. Ademais, as respostas pré-definidas podem ajudar na elucidação de

ambiguidades ou incompreensões acerca do que está sendo questionado, além de permitir que os respondentes interpretem as questões formuladas da mesma forma, na mesma ordenação e com as mesmas opções de resposta, o que facilita a análise estatística e a comparação de respostas.

Em compensação ao fato de fornecer um aprofundamento na situação investigada, o estudo de caso é caracterizado por determinar conclusões de difícil generalização. Todavia, acredita-se que a utilização de um rigor metodológico qualificado pela clara descrição de seus objetivos, o relato dos pormenores do estudo e justificado em cada passo demonstra o cuidado suficiente para promover o que se chama de “generalização naturalística”, i.e., o leitor, após conhecer a descrição detalhada do caso, tem a autonomia para tomar os resultados gerados pelo estudo para uma situação com qual a problemática mantém certo grau de semelhança. (LAVILLE e DIONE, 2008).

Enfim, acredita-se que o desenvolvimento da investigação pautada em ideais de prudência e rigor metodológico possa fornecer uma descrição detalhada da ambientação, das circunstâncias, dos atores e seus comportamentos e das relações estabelecidas durante o processo exploratório. Dessa maneira, acredita-se que o estudo pode tornar representativo de casos similares, para os quais os métodos e as conclusões podem contribuir para a compreensão.

## **3.2. Etapas da pesquisa**

### **3.2.1. Elaboração dos instrumentos de coleta de dados**

Para atender às características da pesquisa experimental, os instrumentos metodológicos utilizados para a verificação da hipótese inicial foram elaborados com o propósito de buscar os efeitos produzidos pela metodologia de ensino baseada na *gamificação* sobre a aprendizagem significativa dos estudantes. Para bucar indícios dos efeitos gerados pela intervenção didática feita pelo pesquisador, foi aplicado um teste inicial, de igual teor, para os dois grupos formados aleatoriamente.

Atendendo à premissa de Ausubel de que evidências da aprendizagem significativa são melhores avaliadas quando há máxima transformação do

conhecimento, ou seja, a partir de problemas não familiares e que não permitam respostas memorizadas, o teste foi elaborado a partir de questões que avaliam a capacidade do estudante em manipular instrumentos de modelagem matemática em contextos diferentes daqueles apresentados no material. Tal cuidado foi tomado porque, ao final da intervenção, o teste foi reaplicado a fim de verificar possíveis diferenças de aprendizado entre os dois grupos.

Dessa maneira, optou-se por um teste estruturado composto por cinco questões de múltipla escolha, sendo duas desdobradas em duas partes. Em cada uma delas, uma situação onde é necessário o uso de algum instrumento matemático de modelização de problemas é apresentada aos estudantes para que escolham, em um conjunto de cinco alternativas, aquela que responde corretamente ao questionamento feito no enunciado.

Do conjunto de sete itens, dois foram retirados, na íntegra, de processos seletivos de grandes universidades, três foram adaptados de vestibulares reconhecidos no país e dois foram elaborados pelo pesquisador, de modo que não passaram anteriormente por processos de validação. A elaboração de questões inéditas e a adaptação de questões já aplicadas foram feitas porque não foram encontradas questões que atendessem aos objetivos buscados pelo pesquisador. Tais objetivos serão explicitados em detalhes posteriormente.

O uso de testes para avaliação de aprendizagem significativa baseia-se na ideia de Luckesi (2006) acerca da avaliação em matemática, facilmente extensível para a física:

Se pretendo, por exemplo, avaliar a aprendizagem matemática, não será observando condutas sociais do educando que vive, a saber, que ele detém o conhecimento do raciocínio matemático adequadamente. Para o caso, é preciso tomar os indicadores específicos do conhecimento e do raciocínio matemático. (Luckesi, 2006, p.33)

Entretanto, é necessário levar em consideração que os resultados de tais indicadores podem mascarar a realidade, haja vista que as respostas obtidas são pertinentes ao seu contexto de produção. Luckesi (2006) alerta que a resolução de um problema pelo estudante não visa, em uma situação avaliativa, só responder aos questionamentos, mas também atender às expectativas de quem os ensinou. Em

outras palavras, resultados de testes não podem, evidentemente, garantir a aprendizagem significativa.

Por conta do que foi dito, optou-se também pela aplicação de um questionário de opinião, pois admite o anonimato, que atenua o empenho em responder o que o avaliador quer, em detrimento dos processos lógicos próprios, para permitir uma ponderação do aluno em relação à própria aprendizagem. Além disso, a utilização de afirmações acerca da proposta didática, em termos genéricos e nos aspectos específicos que a diferencia das demais, permite que os estudantes façam seu próprio juízo de valor acerca da eficácia do material.

Bem, é sabido que, mesmo com instrumentos estatísticos e mutuo rigor metodológico, analisar o processo de aprendizagem é bastante complexo devido às inúmeras variáveis que o influenciam. Dessa maneira, aliar a quantificação de dados à interpretação qualitativa tem como finalidade principal a construção inferencial acerca do objeto de estudo.

### **3.2.2. Elaboração da proposta didática**

A proposta didática desenvolvida foi fruto das indicações relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem trazidas pelas duas linhas de pesquisa aqui referenciadas e teve como auxílio as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino de Física, além de estudos já feitos acerca do ensino de tópicos relacionados à modelagem e resolução de problemas. Portanto, mais do que um texto a ser produzido na forma de material didático, toda a sequência de aulas foi pensada de modo a incluir elementos de jogos associados aos princípios da teoria da aprendizagem significativa.

Dentro da proposta de articular os elementos dos jogos nas situações de ensino e aprendizagem, buscou-se instituir no período da intervenção um espaço de jogo. Pensou-se na divisão da sala em grupos nos quais os componentes trabalhariam em regime de colaboração interna, mas competiriam com os demais. O objetivo era que o grupo incentivasse os seus componentes a entregarem as tarefas propostas, as quais foram alcunhadas de “missões” para se relacionarem à linguagem dos jogos.



Como forma de recompensa individual para os que completaram as “missões”, pensou-se em um distintivo a ser colado ao final de cada porta-fólio enviado com a tarefa. Desse modo, foram providenciados adesivos na forma de estrela a serem pregadas no material. A recompensa para o grupo acontecia apenas quando todos os componentes completavam a tarefa, ocasião na qual o mesmo ganhava uma estrela no quadro geral de missões, o qual tinha o papel de marcar o desempenho dos grupos.

As missões foram resultado dos pressupostos obtidos da *gamificação*, a qual defende que a aprendizagem deve ser feita dentro de um contexto, que pode ser uma história, e deve ser dividida em muitas etapas/fases para permitir o fornecimento contínuo de *feedbacks*. Por conta disso, foram pensadas quatro tarefas a serem realizadas em casa entre duas aulas de física. Juntas, as missões formaram um módulo didático.

O capítulo desenvolvido foi elaborado a partir de uma situação fictícia, mas que trata de situações corriqueiras: os atrasos e brigas de namorados. A partir de uma narrativa que se aproxima bastante da realidade dos estudantes, os conceitos de física aparecem nos entremeados do texto. Esse aspecto foi pensado com o objetivo de caracterizar um organizador prévio, além de aproveitar os conhecimentos já adquiridos pelos estudantes na apresentação do novo conteúdo.

A primeira fase de elaboração do material consistiu na identificação dos conceitos, procedimentos e ferramentas elementares que seriam tratados e quando seriam encaixados com a trama da narrativa. Nessa fase, então, foram feitos ajustes de modo a sintonizar a história com o conteúdo, cujos objetivos basearam-se principalmente nas competências relatadas nos PCN relacionadas à comunicação da ciência e uso da linguagem da física por meio da articulação de códigos e símbolos.

Seguindo o modelo proposto por Simões, Redondo e Vilas (2013), foi possível, então, a montagem de uma tabela relacionando as mecânicas do jogo aos elementos do material que permitiriam a mesma dinâmica para tratar das relações entre grandezas e suas formas de representação:

Tabela 2: Relação entre os elementos da mecânica dos jogos e os elementos inseridos no material didático

<b>Mecânicas do jogo</b>	<b>Elementos inseridos no material didático</b>	<b>Objetivo</b>
Pontos	Estrelas de adesivo	Recompensa por completar uma missão
Níveis	Divisão do capítulo em missões	Aumento gradual de dificuldade e geração de <i>feedbacks</i> rápidos
Troféus, medalhas e conquistas	Prêmio final a ser combinado com a turma	Reconhecimento de esforço e sentimento de conquista
Diversão	Desafios, caça-palavras, completar lacunas	Descontração e engajamento
Linguagem	Palavras conhecidas e diálogos	Inteligibilidade e incentivo à autonomia na leitura
Narração	Enredo	Envolver, causar emoção e captar atenção
Tabela de classificação	Quadro de missões completadas	Competição
Avatar	Personagens humanos	Enxergar o problema como se fosse o personagem / identificação
Design	Organização de textos e uso de elementos gráficos	Experiência estética

Após o estabelecimento das características do texto, o mesmo foi editado e revisado até que se chegou ao formato a ser aplicado para a turma, o qual encontra-se no anexo 4. A partir de sua elaboração, as aulas foram planejadas e encontram-se descritas a seguir.

### 3.2.3. Aulas, encontros, testes e conteúdos desenvolvidos

Esta parte do trabalho foi destinada à descrição das atividades desenvolvidas nas classes do grupo experimental e do grupo controle desde a exposição do projeto aos estudantes até sua conclusão, que se deu na aplicação do pós-teste. Houve oito encontros no total, sendo dois por semana em dias distintos. Cada encontro teve duração de 50 minutos (1 hora-aula) no turno matutino durante as aulas regulares de física já previstas na grade horária.

A intervenção foi dividida em três momentos: aplicação de um pré-teste visando uma noção dos conhecimentos prévios dos estudantes, a aplicação da metodologia para o grupo experimental e as aulas expositivas sem a disponibilização do material instrucional para o grupo controle e o pós-teste, a fim de verificar as diferenças em relação ao início. A diferença nas aulas dos dois grupos consistiu, basicamente, na disponibilização e cobrança do material elaborado, de modo que os conteúdos foram os mesmos e os exemplos dados em sala, formulados segundo os mesmos objetivos de aprendizagem.

Seguindo a premissa de Ausubel de que a aprendizagem por recepção é uma maneira eficaz de provocar estímulos para a mudança na estrutura cognitiva dos estudantes, as aulas focaram a aprendizagem por recepção. Esse fato, como já foi esclarecido anteriormente, não implicou em aprendizagem passiva, haja vista que os estudantes não só eram autorizados a participar, como esse diálogo foi incentivado pelo professor, principalmente porque essa maneira permite buscar os conhecimentos prévios os quais seriam utilizados na aprendizagem dos novos conceitos.

Também baseando-se na teoria da aprendizagem significativa, as aulas tiveram sua organização sequencial pensada de forma que se pudesse tirar o maior proveito dos encadeamentos conceituais presentes no conteúdo trabalhado. Por conta disso, partiu-se de situações familiares aos estudantes, buscando integrar a elas os conceitos trazidos pela unidade didática. Preocupou-se em conduzir as atividades de forma dinâmica com o intuito de despertar a vontade dos estudantes em aprender, atendendo a uma das condições para ocorrência de aprendizagem significativa.

Após essa consideração geral acerca da condução da pesquisa dentro da escola, segue a descrição cronológica das atividades propostas nos oito encontros ocorridos nas duas turmas. Salienta-se que a intervenção teve início no primeiro dia de aula do ano letivo e, dessa forma, o primeiro encontro foi destinado também para dar as boas-vindas aos estudantes, bem como explicitar os objetivos do curso de física para o ano.

## **1ª Aula: Aula introdutória**

Como de praxe para o primeiro dia de aula de uma determinada disciplina, o primeiro encontro com os grupos que participaram da pesquisa começou com a apresentação entre o professor e os estudantes. Após uma breve explanação dos estudantes sobre suas expectativas para a disciplina de física para o ano, o professor expôs os objetivos do curso, as formas de avaliação e como se daria, em termos gerais, o andamento da matéria.

Na classe do grupo que participaria da intervenção didática proposta, foi falado, sem muitos detalhes, que seria desenvolvida uma metodologia de trabalho diferente e que, para isso, deveriam formar grupos. Foi explicitado que essa formação foi feita para que nenhum dos componentes do grupo esquecesse de trazer resolvidas para a sala as “missões” que receberiam a partir da próxima aula. Os alunos estavam cientes de que participariam da pesquisa.

Após a formação dos grupos, para os quais não foi estabelecido número mínimo de componentes, mas um máximo de cinco, foi avisado às onze formações de que receberiam uma estrela simbolizando o cumprimento da missão. Caso o grupo todo tivesse lido e feito todo o material entregue, então receberiam, para cada missão completa, uma estrela para o grupo, a qual seria afixada no quadro de missões.

Os estudantes mostraram-se empolgados com o estabelecimento da competição entre eles e já combinavam estratégias para lembrar os colegas de levar os porta-fólios feitos para as aulas. Não foi comentado com os estudantes de que, na aula seguinte, fariam um teste.

## **2ª Aula: Pré-teste**

Na segunda aula, aconteceu a aplicação dos pré-testes nas duas turmas, as quais tinham horários seguidos nesse dia, o que evitou comentários entre as turmas, fato que eliminaria o fator surpresa. Antes da distribuição dos testes, foi explicado aos estudantes que o teste não visava, a princípio, atribuição de nota pela

quantidade de acertos, de modo que não haveria necessidade de cola, mas que deveriam fazer com atenção porque seriam medidos seus conhecimentos prévios.

Foi possível observar que a grande maioria dos estudantes respondeu às perguntas com seriedade, em ambas as turmas. Os primeiros testes começaram a ser devolvidos ao professor após, no mínimo, 20 minutos, sendo que alguns chegaram a utilizar até 40 minutos para responder aos sete itens propostos. Acredita-se que o fato de ser início de ano favoreceu a colaboração dos estudantes em relação ao teste, haja vista que começam o ano mais motivados a estudar.

Já no final da aula, o GE recebeu a primeira parte do material instrucional elaborado. A primeira missão levada pelos grupos para casa deveria ser lida e respondida por todos os componentes até a próxima aula de física, a qual se deu na semana seguinte.

### **3ª Aula: Problematização, métodos e modelos**

O segundo encontro com as turmas participantes da pesquisa visava introduzir o método de modelagem matemática de problemas físicos. Entretanto, antes de iniciar a problematização, na classe do GE o professor passou pelas mesas conferindo os estudantes que haviam realizado a missão para casa e distribuindo uma estrela grande para aqueles que fizeram e afixando uma estrela no quadro de missões para os grupos em que todos os componentes realizaram a tarefa.

Após o primeiro momento diferenciado na classe do GE, a aula prosseguiu praticamente com o mesmo segmento nas duas turmas, partindo da problematização de um episódio no qual alguém deve chegar a um determinado local e se deseja modelar a situação para que se preveja o tempo que será gasto desde o momento em que a pessoa começa a se arrumar até que ela chegue ao local marcado.

O objetivo da aula era fazer com que os estudantes pudessem desenvolver um modelo simplificado de um problema a partir da utilização de alguns métodos utilizados na física. Para tanto, destacou-se a importância de dialogar a experimentação com a matemática nos processos investigativos de fenômenos que podem ocorrer com determinada regularidade.

Inicialmente explorou-se as relações de causa e efeito. Os estudantes levantaram hipóteses de fatores que poderiam influenciar no tempo gasto pelo suposto personagem, os quais foram anotados no quadro. Logo depois, a ideia de aproximação e simplificação foi trabalhada quando buscou-se juntar em categorias mais gerais os fatores considerados relevantes pelos estudantes e descartados aqueles julgados praticamente desprezíveis.

A aula terminou com o questionamento: “como o tempo total se relaciona com todos esses tempos que sobraram?”. Os estudantes prontamente responderam que o tempo total seria a junção de todos eles. A partir daí, o professor deixou para casa a tarefa de escreverem essa resposta algebricamente. Nessa ocasião, o GE recebeu a segunda missão para casa.

#### **4ª Aula: Relação entre grandezas**

Novamente, a aula começou na classe do GE, com a conferência de quem realizou a missão e com a distribuição das estrelas grandes e do quadro geral de missões. Em seguida, a aula nessa turma começou explorando o problema narrado no material, enquanto que no GC a ideia continuou a mesma, porém sem a história romanceada. Nessa aula começou-se de fato a modelização matemática do problema cujas variáveis, que ainda não haviam sido chamadas assim, foram estabelecidas na aula anterior.

O objetivo principal da aula era fazer com que os estudantes utilizassem códigos e símbolos na representação das grandezas envolvidas em um problema e expressassem as relações de dependência entre elas na forma algébrica. Assim, a pergunta deixada na aula anterior foi utilizada para iniciar a discussão da quarta aula. Alguns estudantes, em ambas as turmas, sugeriram a escrita da expressão matemática utilizando os símbolos operatórios ( $=$ ,  $+$  e  $-$ ), mas utilizando palavras inteiras para expressar as variáveis.

O fato de tentarem escrever a expressão praticamente por extenso foi utilizado para introduzir a indexação de variáveis: “e se tivéssemos que escrever essa expressão várias vezes?”. Alguns sugeriram abreviar e outros já sugeriram usar a primeira letra. Entretanto, como todas as variáveis referiam-se a tempos, a

alternativa não se mostrava boa. Ao serem alertados, alguns sugeriram usar a primeira letra do fator que influenciava cada tempo.

O professor, adequando as ideias dos estudantes, sugeriu que usassem a letra  $t$  para tempo, indicando a grandeza medida, e um índice subscrito. A partir de então, estabeleceu-se a sentença matemática que relacionava os tempos, a qual foi conceituada como regra de uma função que relaciona essas medidas. Sua coerência com o problema proposto foi testada a partir de questionamentos do tipo: “o que acontece com o tempo total quando o tempo para se arrumar aumenta?”.

A partir das respostas dadas à pergunta anterior, foi dado o conceito de variável e foram feitas algumas substituições hipotéticas nos valores do tempo para que entendessem que, ao contrário do que acontecem nas equações, nas funções as letras podem assumir valores diferentes de acordo com o problema estudado. Também foi evidenciado que a sentença construída pode ter diversos valores diferentes porque é genérica e pode ser utilizada em situações semelhantes ao modelo simplificado construído.

Os estudantes levaram para casa outros tipos de problema para modelarem matematicamente e o GE ainda levou a terceira apostila do material instrucional elaborado.

### **5ª Aula: Representações para a relação entre variáveis**

Após a conferência das missões na turma do GE, foram comentados, nas duas turmas, os exemplos passados para casa e, a partir deles, introduzido o tópico da aula: valores que podem ser atribuídos às letras que compõem uma função. O objetivo da aula era que os estudantes pudessem compreender que a relação entre grandezas pode ser representada de diferentes formas, de modo que suas potencialidades e limitações devem ser consideradas para escolher a melhor linguagem de acordo com a situação.

Foram utilizados exemplos em duas variáveis para começar. A partir da escolha de alguns valores para a variável independente, foram encontrados valores para a variável dependente e organizados em uma tabela. Os estudantes ajudaram a resolver, mentalmente, as expressões geradas, as quais eram simples. Foram feitas indagações aos estudantes sobre o que acontecia com a variável dependente

quando a independente aumentava ou diminuía e sua coerência em relação ao problema que gerou a função.

Os valores do primeiro problema foram organizados também no plano cartesiano, dada a importância de expressar as relações na forma de pares ordenados. Os estudantes pareciam já compreender a lógica da representação gráfica, de modo que a rapidez em sua construção permitiu que o formato da curva em função da relação estabelecida entre as grandezas pudesse ser discutido com mais ênfase.

Logo depois, foi utilizado um outro problema, agora com três variáveis, sendo que uma foi fixada, deixando que somente as outras duas pudessem assumir valores diversos. Foi perguntado para os estudantes se, com uma variável fixada, a função continuaria sendo genérica. Alguns estudantes mais participativos responderam que não, pois um valor já havia sido determinado. A partir dessa fala, o professor comentou acerca de funções específicas.

Repetindo o procedimento de substituição para gerar a tabela e o gráfico, valores também foram substituídos na variável dependente, visto que, em um problema real, é possível querer fazer previsões para a causa a partir de hipóteses para a consequência. Esse procedimento gerou algumas equações de primeiro grau, que os estudantes já deveriam saber resolver sozinhos, mas foram resolvidas em colaboração com o professor para relembrem.

No final, o professor ressaltou que saber intercambiar as formas de representação seria importante para a compreensão dos problemas, visto que a tradução do significado nessas diversas linguagens pode, vez ou outra, servir para escolher uma melhor ferramenta de análise de uma situação. Depois disso, foi pedido para que os estudantes fizessem os procedimentos realizados em sala para um problema passado na aula anterior e que não foi comentado. Para o Grupo Experimental, ainda foi entregue a última remessa do material presente no anexo 4.

## **6ª Aula: Generalizando o que foi trabalhado**

Após o processo rotineiro na turma experimental, o sexto encontro tinha o objetivo de utilizar todas as ferramentas aprendidas nas aulas anteriores. Primeiro, o professor começou explorando a relação entre distância, tempo e velocidade afim de



que se estabelecesse a relação de causa e efeito entre as variáveis. Partiu-se do senso comum dos estudantes para que pudessem fazer previsão acerca da influência que uma grandeza faz na modificação de outras e, a partir disso, modelarem matematicamente essa relação.

Como o ponto de partida foi a realidade dos estudantes e suas concepções acerca das variáveis fundamentais da cinemática, foi possível discutir com eles a coerência entre a representação matemática e o que acontece concretamente a fim de validar o modelo, pois, assim, a modelagem passa a ter uma generalização. Das sentenças geradas nessa conversa, foi explorado o significado do sinal de igualdade e as várias maneiras de escrever uma função, bem como as unidades de medida equivalentes que representam as grandezas envolvidas.

Por fim, o professor reforçou a compreensão e intercâmbios entre tabelas, gráficos e expressões matemáticas. Os gráficos, em especial, foram explorados como uma ferramenta que possibilita aproximar valores sem a necessidade de calcular todos eles. Além disso, a avaliação da coerência entre os dados e resultados plotados no gráfico foi feita a partir do cálculo de funções para alguns pontos, os quais foram conferidos na representação cartesiana.

No final da aula, os estudantes do GE foram lembrados de que, na aula posterior, os grupos vencedores receberiam os prêmios combinados no início da proposta, bem como os grupos que não realizaram todas as missões poderiam apresentar todas elas de todos os componentes para ganhar uma estrela de menor valor no quadro de missões.

### **7ª Aula: Conclusão da proposta**

A aula iniciou-se com uma rápida discussão acerca dos exercícios passados para casa, iguais para os dois grupos. Entretanto, na sala do Grupo Experimental utilizou-se uma parte da aula para que fossem conferidas as missões dos grupos que quiseram reapresentar e entregues os prêmios aos grupos dos quais todos os componentes completaram as quatro missões nas datas corretas. Foram quatro grupos empatados com todas as estrelas no quadro de missões, que terminou conforme mostra o anexo 3.

Ainda com o tempo que restou, cerca de vinte minutos, os estudantes do grupo experimental responderam a um questionário de opinião acerca do material instrucional utilizado e da maneira como o professor conduziu as aulas desde o início da proposta. Preferiu-se manter o anonimato dos estudantes na esperança de que fossem os mais sinceros quanto possível. Dessa forma, foi reafirmado insistentemente para que colocassem sua real opinião, sem necessidade de se identificar, pois um colega recolheria as folhas.

Esse último instrumento de pesquisa foi utilizado com o objetivo de coletar informações mais subjetivas acerca da proposta feita pelo professor/pesquisador. A maioria das questões foi fechada, de modo que os estudantes deveriam escolher, de acordo com o nível de concordância com as sentenças, uma entre cinco opções. As duas últimas eram questões dissertativas e mais gerais e, talvez por isso, alguns estudantes deixaram-nas em branco.

### **8ª Aula: Pós-teste**

A última aula separada para a realização da pesquisa consistiu na aplicação do pós-teste. O pós-teste (ver anexo 1) foi composto pelas mesmas questões do pré-teste a fim de que se pudesse verificar uma evolução no conhecimento dos estudantes e possíveis indícios de aprendizagem significativa nos dois grupos, bem como comparar tais aspectos nos dois grupos que foram conduzidos com propostas didáticas diferentes.

Assim como no início da intervenção, os questionários foram aplicados nas duas salas em horários seguidos, sem intervalo no meio para evitar possíveis comentários. A média de tempo para responder às questões propostas foi um pouco superior àquele utilizado no pré-teste, de modo que alguns estudantes, inclusive, ultrapassaram até cinco minutos dos cinquenta destinados à aula.

É bom salientar que houve trocas de turma durante a intervenção, de modo que alguns estudantes que fizeram o pré-teste na classe a qual pertencia o grupo controle, responderam o pós-teste na sala do grupo experimental, e vice-versa. Alguns também chegaram de férias após a aplicação. Evidentemente, tais

estudantes não tiveram seu teste considerado na apuração dos resultados, sendo separados antes da contagem das respostas.

## CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os dados obtidos durante as etapas descritas no capítulo 3. Com auxílio de representações estatísticas, as repostas dadas aos testes e aos questionários foram analisadas com o propósito de se inferir alguma correlação entre a proposta didática aplicada e a aprendizagem significativa do conteúdo de modelagem matemática de problemas físicos.

Para tanto, foram descritos os objetivos das questões para, em seguida, analisar os resultados obtidos em cada item. Foi necessária a exclusão de alguns questionários porque alguns estudantes não compareceram a algum dos testes ou mudaram de turma durante a aplicação da proposta. A amostra final totalizou 27 testes para o grupo experimental e 28 para o grupo controle.

Em relação ao questionário de opinião, o qual foi aplicado apenas para o grupo experimental, foram consideradas as respostas dos 34 estudantes da turma, visto que esses tiveram contato com o material em mais de 50% do período durante a aplicação da proposta didática.

### 4.1. Testes

Após os descartes já mencionados, os resultados obtidos podem ser resumidos da maneira seguinte:

*Tabela 1: resumo dos resultados por questão no pré-teste para o GC.*

Questões	Alternativas					Acertos (%)
	A	B	C	D	E	
1, item I	1	4	10	12	1	43
1, item II	16	3	2	7	0	57
2	3	2	7	13	3	25
3	13	1	7	2	5	4
4	5	10	5	6	2	36
5, item I	4	4	9	4	7	32
5, item II	1	9	9	5	5	32

*Tabela 2: resumo dos resultados por questão no pré-teste para o GE.*

Questões	Alternativas					Acertos (%)
	A	B	C	D	E	
1, item I	1	6	4	11	5	39
1, item II	11	0	5	11	0	39
2	0	3	10	13	1	37
3	18	0	3	5	1	0
4	5	11	9	2	0	39
5, item I	2	5	9	6	5	32
5, item II	1	19	3	4	0	68

Tabela 3: Resumo dos resultados por questão no pós-teste para o GC.

Questões	Alternativas					Acertos (%)
	A	B	C	D	E	
1, item I	1	7	6	12	1	50
1, item II	20	1	2	7	0	71
2	5	2	9	13	3	32
3	13	3	4	2	5	11
4	3	12	5	6	2	43
5, item I	3	7	12	4	7	43
5, item II	1	15	4	5	5	50

Tabela 4: Resumo dos resultados por questão no pós-teste para o GE.

Questões	Alternativas					Acertos (%)
	A	B	C	D	E	
1, item I	2	2	9	14	0	50
1, item II	21	0	3	2	1	75
2	3	2	10	11	1	37
3	17	2	5	1	2	7
4	2	19	4	2	0	68
5, item I	3	1	12	2	9	43
5, item II	0	21	2	3	1	75

A partir da comparação das tabelas 1 e 2, as quais indicam os resultados obtidos no pré-teste, observa-se que, em relação ao número de respostas corretas, o Grupo Controle (GC) supera o Grupo Experimental (GE) em três itens, sendo que essa diferença não supera 20% em nenhum deles. Em contrapartida, GE também supera GC em três itens (questão 1, itens I e II, e questão 3), com diferença significativa apenas em um deles (34%). Em um dos itens, os grupos possuem, em porcentagem, o mesmo número de acertos.

Percebe-se que as diferenças entre os grupos acabam se compensando em termos estatísticos, de modo que a diferença entre ambos é praticamente desprezível e podem ser considerados razoavelmente equivalentes em termos de conhecimentos prévios. Esse caso pode advir do fato de mais de 70% dos estudantes que participaram da pesquisa serem estudantes da mesma instituição de ensino há, pelo menos, três anos, ou seja, provavelmente foram conduzidos a um mesmo nível de conhecimentos prévios.

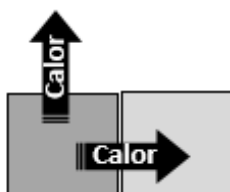
Partindo-se dessas constatações, a análise dos resultados recai principalmente sobre a comparação dos resultados obtidos pelo GC e GE após a aplicação da proposta didática. É necessário, pois, avaliar o ganho de aprendizagem de cada grupo, questão a questão, para que se pondere a contribuição do material didático instrucional no alcance dos objetivos de cada questão.

#### 4.1.1. Questão 1

A questão 1 foi dividida em dois itens afim de que fosse feita uma relação entre eles. Inicialmente apresentou-se uma situação ideal advinda do campo da

calorimetria, a qual deveria ser interpretada e modelada a partir das linguagens matemáticas estruturantes pedidas pelo enunciado.

Quando dois corpos com diferentes temperaturas são encostados, o de maior temperatura cede energia na forma de calor para o mais frio até que igualem suas temperaturas. Estabelece-se o que chamamos de equilíbrio térmico. Geralmente, nesse processo de transferência de calor, o calor fornecido pelo mais quente, não vai todo para o mais frio: uma parte sai para o ambiente, como mostrado na imagem a seguir.



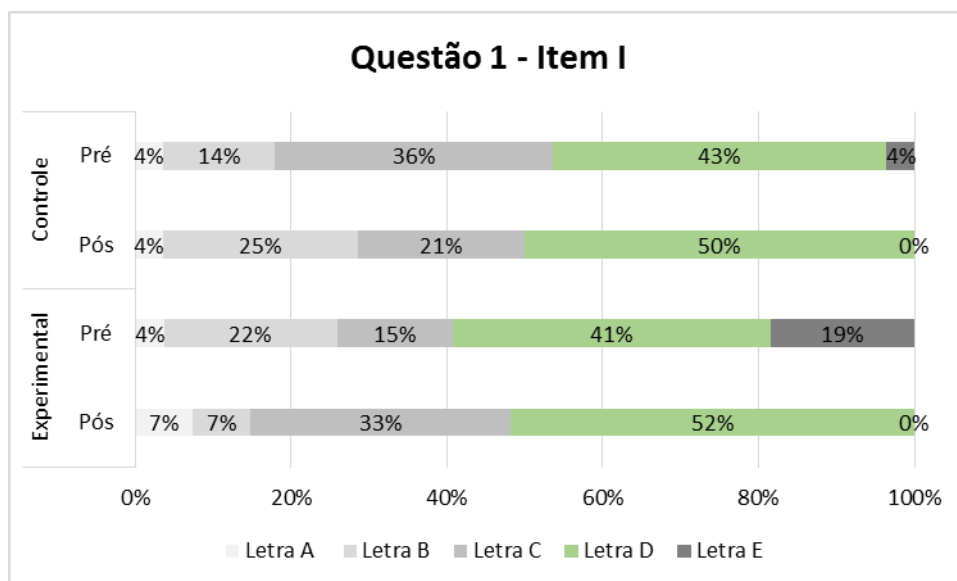
Item I - Suponha que sejam encostados dois corpos, chamados de B e C, sendo B com uma temperatura maior do que C. Considere que:

- $C_B$  é a quantidade de calor total liberada pelo corpo B.
- $C_C$  é a quantidade de calor recebida pelo corpo C.
- $C_A$  é a quantidade de calor que o ambiente recebeu.

Dessa maneira, marque a função que descreve corretamente a relação entre  $C_A$ ,  $C_B$  e  $C_C$ .

- A.  $C_C = C_A + C_B$
- B.  $C_A = C_B + C_C$
- C.  $C_B = C_A - C_C$
- D.  $C_B = C_A + C_C$
- E.  $C_A = C_B \cdot C_C$

O objetivo do primeiro item era verificar se os estudantes conseguiriam interpretar o problema corretamente e traduzi-lo algebricamente, de forma a encontrar a correta relação entre as variáveis envolvidas. Para tanto, era necessário que identificassem os corpos B e C, talvez no desenho, como alguns fizeram, para associar-lhes o índice correto.



*Gráfico 1: Respostas da questão 1 – Item I*

É possível observar do gráfico 1 que ambos os grupos permaneceram praticamente equivalentes antes e depois da aplicação da proposta didática. Houve uma discreta vantagem no crescimento do número de respostas corretas do GE em relação ao GC, entretanto desprezível dentro do conjunto universo analisado. Se considerada apenas a resposta correta, seria possível afirmar que houve um ganho de aprendizado pequeno. O resultado não se mostra absurdo em relação ao que se esperava, pois os problemas que utilizam raciocínio matemático parecido são largamente tratados nas aulas de matemática dos anos que antecedem o 9º.

Entretanto, são notáveis algumas mudanças significativas na opção por outras alternativas, o que pode revelar alguma diferença entre os grupos. O GC teve seu aumento na escolha das alternativas B e D (correta) compensado principalmente pela diminuição na escolha da alternativa C. O fato explica-se pelo tratamento dado à formulação das funções nos exemplos utilizados em sala.

Para a modelagem de alguns problemas na classe do GC, os exemplos foram largamente caracterizados pelas operações de adição, além de apresentarem as variáveis muitas vezes na ordem com que eram atribuídas ao seu significado dentro do problema. O fato de o problema já ter indicado a definição das variáveis pode ter levado os estudantes a optarem pela alternativa em que elas apareciam na mesma ordem de apresentação do enunciado e compusessem uma sentença onde estivesse presente uma adição.

Já no grupo experimental (GE), ocorreu o inverso: houve um aumento no número de escolha das alternativas C e D (correta), em detrimento das alternativas B e E. Apesar de alguns dos exemplos dados para o GC terem sido os mesmos do GE, os estudantes desse último grupo tiveram uma oportunidade maior de entender, a partir do material estudado, como uma função é estabelecida.

Mesmo tendo como exemplo no material didático a relação entre distância percorrida, velocidade e tempo a partir de produtos entre variáveis ( $v = d.t$ ), a manipulação de outras relações possibilitou que os estudantes do GE descartassem a alternativa E por não ter nenhuma relação lógica com o problema. Alguns ainda passaram a considerar possível uma subtração como a proposta pela alternativa C, o que pode revelar talvez um erro de interpretação do problema no sentido de confundir como se deu a distribuição da energia calorífica na situação descrita no enunciado.

Foi possível perceber em três pós-testes do GE cujas alternativas marcadas para o primeiro item não coincidiram com a resposta correta uma tentativa dos estudantes em justificar a resposta, mesmo que isso não tivesse sido solicitado pelos enunciados (figuras 2 e 3). Os estudantes fizeram anotações nas laterais da folha, além de utilizarem setas. Mesmo que tenham errado, essas características mostram uma busca pela interpretação do problema.

Para os casos narrados, as anotações revelaram uma boa compreensão inicial acerca do problema, mas com conclusões equivocadas. Dessa maneira, pode-se afirmar que a marcação da resposta incorreta não foi arbitrária, principalmente porque as funções assinaladas coincidiram com a leitura errônea do problema (figuras 2 e 3), de modo que é possível inferir que o erro não consistiu na montagem da função, mas na interpretação.

Não só para os casos descritos anteriormente, mas para todo o GE, foi frequente o uso de setas, esquemas e até mesmo pequenos textos na resolução do primeiro item da questão 1. Tal fato pode sugerir que a forma como o material abordou a resolução de problemas favoreceu a organização do pensamento e incentivou os estudantes a usarem outras estratégias para esmiuçar o problema e atribuir significado às variáveis.



- ~~A.  $C_C = C_A + C_B$~~   
~~B.  $C_A = C_B + C_C$~~   
 C.  $C_B = C_A - C_C$   
 D.  $C_B = C_A + C_C$   
 E.  $C_A = C_B \cdot C_C$

Para saber a quantidade de energia do ambiente é necessário sempre a energia liberada e a recebida

Figura 2: Resposta e justificativa dada por um aluno do Grupo Experimental.

I - Suponha que sejam encostados dois corpos, chamados de B e C, sendo B com uma temperatura maior do que C. Considere que:

- $-C_B$  é a quantidade de calor total liberada pelo corpo B. *maior calor*  
 $-C_C$  é a quantidade de calor recebida pelo corpo C. *menor calor*  
 $-C_A$  é a quantidade de calor que o ambiente recebeu.

Dessa maneira, marque a função que descreve corretamente a relação entre  $C_A$ ,  $C_B$  e  $C_C$ .

- $C_B \rightarrow$  maior quantidade de calor  
 $C_A \rightarrow$  menos que  $C_C \rightarrow$  menor quantidade de calor que a "C"
- A.  $C_C = C_A + C_B$   
 B.  $C_A = C_B + C_C$   
 C.  $C_B = C_A - C_C$   
 D.  $C_B = C_A + C_C$   
 E.  $C_A = C_B \cdot C_C$

Figura 3: Anotações deixadas por uma aluna do Grupo Experimental evidenciando o raciocínio desenvolvido.

É interessante constatar que, além dos três testes citados anteriormente, nenhum outro em que foi possível observar a identificação correta dos corpos B e C pelos estudantes houve erro por parte dos estudantes na marcação da função correta. Isso sugere que a aprendizagem da maioria dos estudantes desse grupo foi não arbitrária, o que é uma das premissas da aprendizagem significativa.

No GC, houve algumas tentativas de identificação dos corpos, entretanto não foram encontrados relatos escritos ou outros indícios que pudessem revelar o raciocínio utilizado para optarem por um item ou sobre a interpretação das trocas de calor.

Em relação ao segundo item da questão, objetivava-se que, a partir de uma situação específica na qual uma das variáveis é fixa, os estudantes compilassem em uma tabela a relação entre as outras duas variáveis. Além disso, buscava-se observar se os estudantes que acertaram o primeiro item foram os mesmos que acertaram o segundo, de modo que tivessem utilizado a função para construir os valores da tabela.

Questão 1 - Item II - A função encontrada anteriormente é genérica e serve para qualquer situação. Porém, para determinado experimento, o valor de  $C_A$  será fixado em 10 unidades de calor. De acordo com essa situação específica, qual das tabelas abaixo melhor representa a relação entre  $C_B$  e  $C_C$ , em unidades de calor?

A.

$C_B$	10	30	50
$C_C$	0	20	40

B.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	0	20	40

C.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	30	50

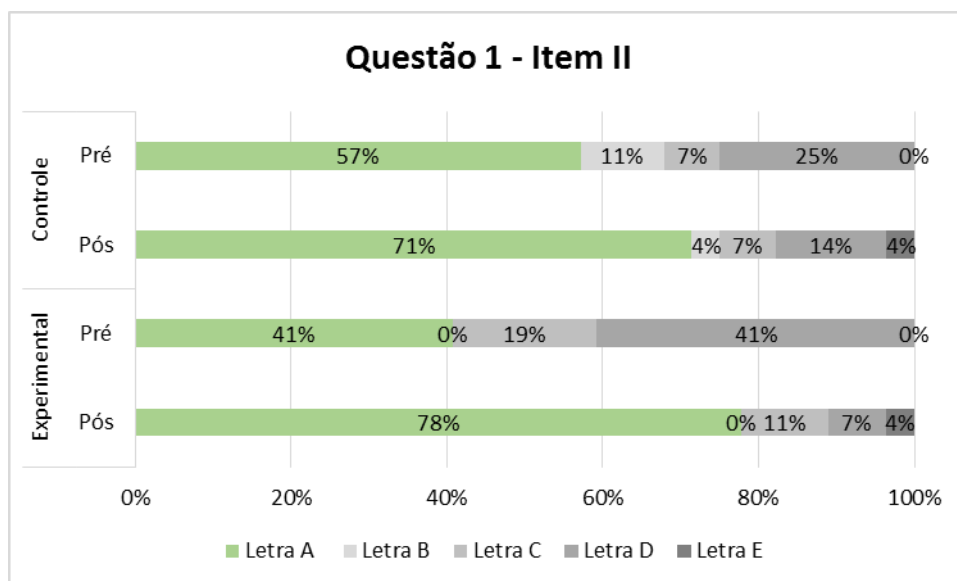
D.

$C_B$	10	30	50
$C_C$	10	30	50

E.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	10	10

Para o item mostrado, foram obtidos os seguintes dados:



*Gráfico 2: Respostas da questão 1 – Item II*

É possível extrair do gráfico que, inicialmente, os grupos não eram equivalentes no que se refere aos conceitos prévios necessários para responder ao item II, pois o GC, na ocasião do pré-teste, superou em 26% o GE em número de respostas corretas. Entretanto, ao contrário do que aconteceu no primeiro item da questão 1, houve uma diferença expressiva no aumento das respostas corretas do GE após a intervenção, com uma diferença de 36%, enquanto que GC cresceu apenas 14%.

Os dados mostram que, para ambos os grupos, o ganho de conhecimento mostrou-se mais expressivo que para o primeiro item, talvez porque os estudantes tenham mais facilidade em enxergar a relação entre as variáveis quando essas já têm valor atribuído. Isso revela, de certa forma, uma dificuldade de generalização de problemas, o que é reforçado pelo fato de terem sido encontrados somente dois testes, ambos do GE, nos quais os estudantes deixaram cálculos que utilizaram a resposta marcada no item I para responder ao item II (figura 4).

Ainda sobre a possível correlação estabelecida entre os itens I e II, analisando-se teste a teste, foi possível perceber que, para ambos os grupos, foi superior a 90% o número de estudantes que, já tendo acertado o item I, acertaram também o 2. Isso sugere que os estudantes que mostraram

entendimento sobre a modelagem do problema eram proficientes também no uso de tabelas para estabelecer relação entre grandezas.

II – A função encontrada anteriormente é genérica e serve para qualquer situação. Porém, para determinado experimento, o valor de  $C_A$  será fixado em 10 unidades de calor. De acordo com essa situação específica, qual das tabelas abaixo melhor representa a relação entre  $C_B$  e  $C_C$ , em unidades de calor?

**A**

$C_B$	10	30	50
$C_C$	0	20	40

B.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	0	20	40

C.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	30	50

D.

$C_B$	10	30	50
$C_C$	10	30	50

E.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	10	10

para ambiente  
 $10 - 10 = 0$   
 para ambiente  
 $30 - 10 = 20$   
 para ambiente  
 $50 - 10 = 40$

Figura 4: Teste de uma aluna do Grupo Experimental que utilizou a função encontrada no item I para responder ao item II.

Partindo do que foi discutido anteriormente, o aumento significativo dos acertos do GE em relação ao GC pode revelar que a intervenção possibilitou que os estudantes a ela submetidos passassem a compreender melhor o uso de tabelas, principalmente porque foi um recurso bastante explorado no material. Com isso, mesmo aqueles que não incorporaram significativamente a formulação algébrica do problema, a qual também foi abordada no material

didático, parecem possuir agora uma boa ferramenta para servir de âncora para o aprendizado de função.

A diminuição da marcação da alternativa D para ambos os grupos, mas principalmente pelo GE, também é um fato que chama atenção ao se observar o gráfico 2, das respostas obtidas para o item II. Tal opção registrava que o calor liberado pelo corpo B era, em valor absoluto, o mesmo que o corpo C absorvia. Essa interpretação do problema desconsidera as 10 unidades de calor dissipadas para o ambiente, tal como está esclarecido no enunciado. Não é possível dizer se os estudantes levaram o fator coerência para analisar o problema no pré-teste, mas provavelmente não.

Comparando-se o pré e o pós-teste, é possível perceber que houve uma diminuição de 25 para 14% nas escolhas pelo item D no GC, enquanto que em GE esse índice caiu de 41 para 7%, o que revela uma melhor interpretação feita por esse último grupo e, principalmente pela coerência nas respostas. Apesar de não poder se garantir, é possível que os estudantes de GE tenham se atentado mais a esse fato por conta de o material apresentar perguntas com o objetivo de que o estudante analise se a interpretação do problema é coerente.

Enfim, observando-se todos os aspectos discutidos e o percentual de 75% de acerto, é possível inferir que a proposta didática foi eficaz na promoção dos objetivos visados no item II da primeira questão.

#### **4.1.2. Questão 2**

O objetivo da segunda questão era verificar se os estudantes conseguiriam identificar e substituir as variáveis dentro de um problema já modelado. A ideia era que utilizassem uma função horária para descobrir o instante que um móvel em movimento retilíneo e uniforme passa por uma posição específica. Em segundo plano, seria possível verificar também a proficiência dos estudantes em resolver equações.

(UNITAU-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária  $x = -40 + 80t$ , onde  $x$  é dado em km e  $t$  em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

- A. 1,0 h
- B. 1,5 h
- C. 0,5 h**
- D. 2,0 h
- E. 2,5 h

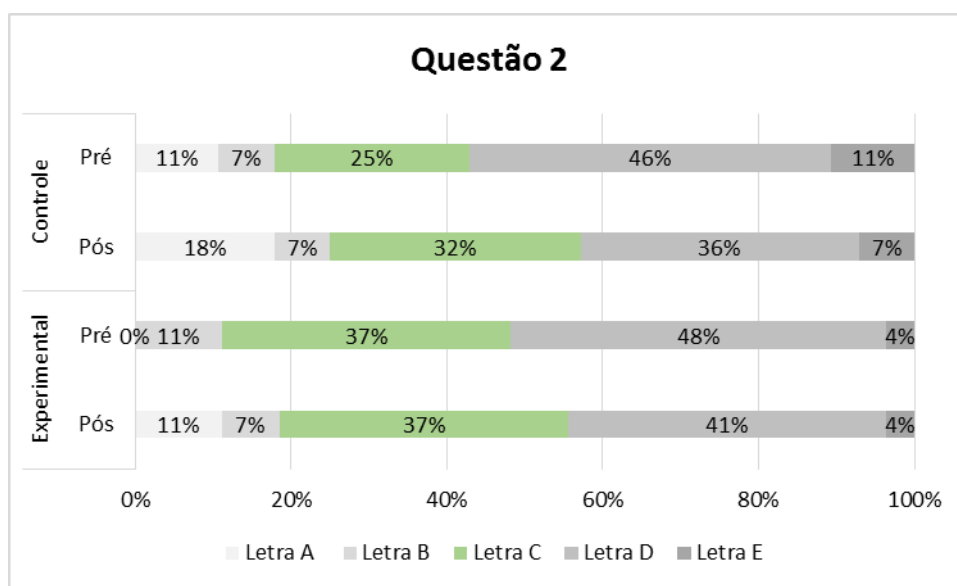


Gráfico 3: Respostas da questão 2

De acordo com o observado no gráfico 3, é possível dizer que nenhum dos grupos apresentou crescimento satisfatório no pós-teste, haja vista que o GE permaneceu com a mesma porcentagem de acertos e o GC teve um aumento de 7% que, dentro do conjunto universo e do contexto analisados, significa um aumento desprezível. Ainda é relevante comentar que nenhuma das turmas chegou a atingir a metade das respostas corretas.

Observa-se ainda que os grupos eram sutilmente discrepantes em relação ao início, diferença que se tornou insignificante após a intervenção. Comparando-se as respostas antes e depois da intervenção, percebe-se quase nenhuma mudança em relação à distribuição de respostas entre as

alternativas, sendo que a letra D permaneceu preponderante em ambos os grupos para ambos os momentos da pesquisa.

A recorrente marcação da alternativa D demonstra que, de certa maneira, os estudantes continuaram apresentando dificuldade em alguma etapa da resolução do problema que os impediram encontrar a resposta correta. Analisando teste a teste, apesar de ser o objetivo secundário da questão, a solução de equações de primeiro grau parece ter representado o maior fator de erro.

A partir da observação mais minuciosa dos testes infere-se que a dificuldade descrita encontra-se basicamente em quatro aspectos discutidos por Sperafico e Golbert (2011): a troca da posição do coeficiente da incógnita pelo termo independente no que ( $p:q$  por  $q:p$ ), a transformação de  $ax + b$  em  $x = b - a$ , erro na transposição de elementos e erros de operação com números.

O primeiro fator foi preponderante, acredita-se, pelo fato de que os estudantes “não veem necessidade de distinguir as duas formas, acreditando que na divisão, o maior número sempre deverá ser dividido pelo menor [...]” (SPERAFICO e GOLBERT, 2011, p.5). Para essa questão discutida, ocorreu em alguns testes a troca de posição entre o denominador (80) e o numerador (40), o que resulta exatamente na resposta da alternativa D, que foi a mais votada.

Foi perceptível também a dificuldade dos estudantes em reconhecer  $t$  como incógnita e  $x$  como variável na situação específica questionada pelo problema. Apesar disso, ao mesmo tempo em que alguns estudantes apresentaram dificuldades em álgebra, talvez por alguma dificuldade propagada de séries anteriores, outros deixaram resquícios de cálculo mental e muitos conseguiram interpretar o problema e substituir os valores no lugar correto, mesmo que não tenham resolvido corretamente o restante da questão.

Em termos do objetivo principal da questão, que seria a correta identificação e substituição de variáveis, não foi possível avaliar de fato a eficiência da intervenção, tampouco diferenciar o GE do GC. Dessa forma, em termos gerais, pode-se supor a falta de influência da intervenção nos aspectos gerais abordados pela questão, talvez por omitir-se um pouco sobre a resolução das equações, o que alerta para uma possível correção na proposta.

Destaca-se por último dois pós-testes do GE para o qual os estudantes utilizaram outras estratégias de resolução de problemas: um desenhou a trajetória e interpretou o problema em termos do significado da equação (figura 6) e outro tentou usar a definição escalar da velocidade média (figura 7), deduzida no material proposto, entretanto utilizando uma interpretação errada dos resultados. Talvez a utilização de outras estratégias possa ter sido instigada pela leitura ou discussão do material instrucional em sala.

(UNITAU-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária  $x = -40 + 80t$ , onde  $x$  é dado em km e  $t$  em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

- A. 1,0 h
- B. 1,5 h
- C. 0,5 h
- D. 2,0 h
- E. 2,5 h

Handwritten work for Figure 5:

$x \rightarrow \text{Km}$        $t \rightarrow \text{Tempo}$

$$X = -40 + 80t \quad x \rightarrow 40$$

$$X + 80t = 40$$

$$x = \frac{40}{80t} \quad \boxed{t = 0,5}$$

Figura 5: Teste de uma aluna do Grupo Experimental para o qual houve a identificação das variáveis, porém interpretação errada do problema.

### Questão 2

(UNITAU-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária  $x = -40 + 80t$ , onde  $x$  é dado em km e  $t$  em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

- A. 1,0 h
- B. 1,5 h
- C. 0,5 h
- D. 2,0 h
- E. 2,5 h

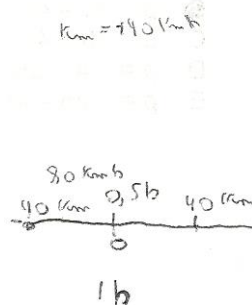


Figura 6: Pós-teste de um aluno do Grupo Experimental que desenhou a trajetória e identificou os instantes correspondentes aos marcos.



### Questão 2

(UNITAU-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária  $x = -40 + 80t$ , onde  $x$  é dado em km e  $t$  em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

- A. 1,0 h
- B. 1,5 h
- C. 0,5 h
- D. 2,0 h
- E. 2,5 h

$$d = x \cdot v$$

$$d = \frac{x}{v}$$

$$x = \frac{80}{40} = 2$$

$$x = 2$$

Figura 7: Resposta de uma aluna do Grupo Experimental que tentou utilizar a definição de velocidade escalar.

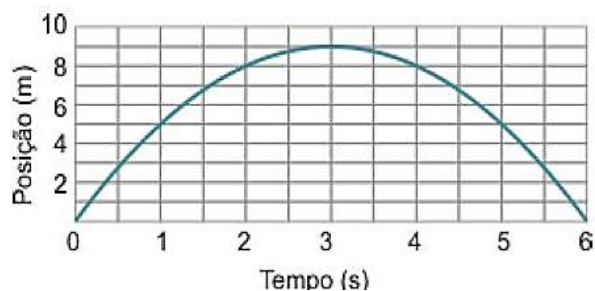
#### 4.1.3. Questão 3

A terceira questão era a que mais necessitava de transformação do conhecimento dos estudantes, tanto em relação ao que foi ensinado em sala ao GC e ao GE como pelos problemas abordados no material instrucional: em nenhuma das duas classes foram abordados gráficos de polinômios do segundo grau, apesar de a conferência gráfica de equações ter sido um assunto tratado nas aulas e fazer parte da intervenção. O modelo de problema não era familiar.

Então, o objetivo da questão era verificar se os estudantes conseguiriam determinar, dentro de um conjunto de opções, a função que melhor modelava um problema de física já descrito na forma gráfica.

(FUVEST - adaptada)

Uma pedra é atirada verticalmente para cima da superfície de um planeta de um sistema solar distante. O gráfico representa a posição  $P$  da pedra acima do solo, em função do tempo  $t$  decorrido desde que ela foi atirada:



A função representada pelo gráfico pode ser expressa pela sentença:

- A.  $P = 6 \cdot t$
- B.  $P = -1 \cdot t^2 + 6t$
- C.  $P = t^2 + 6t$
- D.  $P = t^2 - 6t$
- E.  $P = t$

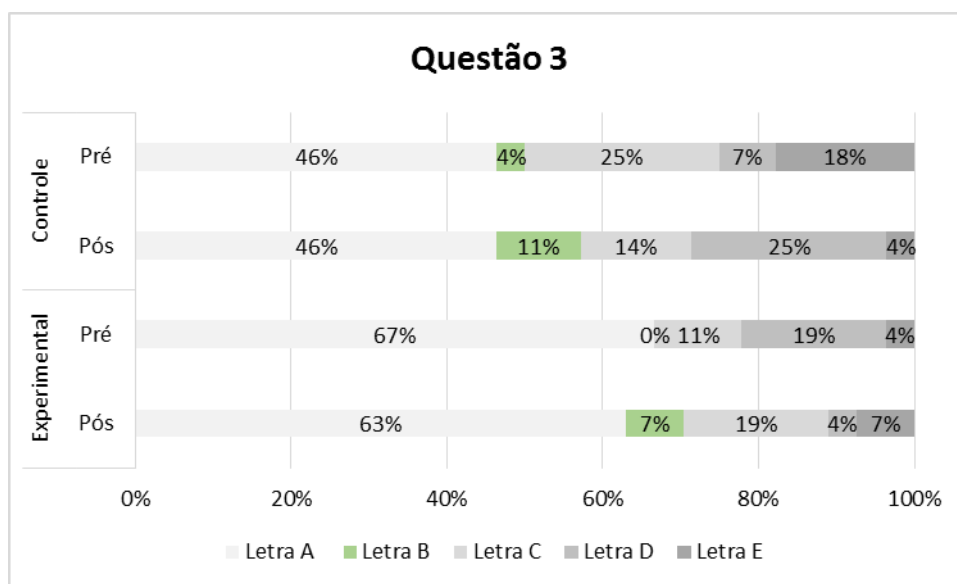


Gráfico 4: Respostas da questão 3

O gráfico 4 mostra que, antes da intervenção os grupos eram equivalentes em termos do encaminhamento correto para a resolução dessa questão. Entretanto, percebe-se uma tendência maior do GE em marcar a alternativa A, enquanto que no GC a escolha pelas alternativas parece estar um pouco mais distribuída apesar de predominar também a escolha do item A. Comparando-se os resultados dos testes prévios com os que foram aplicados após a intervenção, vê-se pouca modificação no desempenho dos dois grupos.

Partindo do fato de que lidou-se com estudantes que começavam o último ano do Ensino Fundamental e, portanto, não tinham visto nada em relação a função, muito menos de segundo grau, acredita-se que o resultado não representa uma surpresa, principalmente porque o tipo de problema pedido não foi tratado com nenhuma semelhança durante as aulas.

Ressalta-se que, mesmo não familiar, os fundamentos necessários para sua solução foram discutidos, de modo que, os estudantes poderiam chegar à sua solução unindo conhecimentos recém-ensinados com conhecimentos prévios. O objetivo de colocar um problema com tal nível de dificuldade tem como fundamento a máxima ausubeliana de que evita-se uma percepção falsa de aprendizagem significativa quando se propõe grande transformação dos conhecimentos ensinados que, nesse caso, foi proporcionada por um problema novo e em um contexto diferente daquele apresentado no material instrucional.

Entretanto, nos dois grupos, foi possível perceber alguns estudantes que marcaram a alternativa correta conscientemente (ver figuras 8 e 9) e outros que testaram somente a primeira expressão e já a marcaram sem verificar as outras. Por ser uma função do segundo grau, para se ter o resultado correto para o item, seria necessário testar dois ou três pontos ou escolher um ponto, ao acaso, onde as imagens das funções fossem diferentes. O ponto (0,0) era o primeiro do gráfico e satisfazia todas as funções. Por conta disso, pode-se supor que alguns estudantes testaram esse ponto somente na alternativa A e, ao perceberem que a igualdade era satisfeita, não testaram outros pontos do gráfico, nem outras equações. Para os estudantes que acertaram (figuras 8 e 9), percebe-se que esse raciocínio foi recorrente, entretanto foi escolhido um ponto o qual não satisfazia as funções fornecidas por outras alternativas.

Deve-se observar que, tanto na classe do GC como na do GE, foram feitos exemplos nos quais os estudantes propunham aleatoriamente uma equação e a turma testava se valia para o gráfico mostrado. Nessas situações, foram testados diversos pares ordenados para a mesma função.

A função representada pelo gráfico pode ser expressa pela sentença:

- A.  $P = 6.t \Rightarrow 6 \cdot 4 = 6 \cdot x$   
~~B.~~  $P = -1.t^2 + 6t \Rightarrow -1 \cdot 12 + 6t = -9 \checkmark$   
 C.  $P = t^2 + 6t \Rightarrow 12 + 6 = 7 \cdot x$   
 D.  $P = t^2 - 6t \Rightarrow 12 - 6 = -9 \cdot x$   
 E.  $P = t \Rightarrow 1 \cdot x$

Figura 8: Anotações feitas por um aluno do Grupo Controle para resolver a questão 3.

A função representada pelo gráfico pode ser expressa pela sentença:

$P = 2^2 + 6 \cdot 6$   
 $P = 4 + 36$   
 $P = 40$   
 $P = 2^2 - 6 \cdot 2$   
 $P = 4 - 12$   
 $P = -8$

a)  $P = 6 \cdot 2$   
 $B = 12$

b)  $P = -1 \cdot 2^2 + 6 \cdot 2$   
 $P = -1 \cdot 4 + 12$   
 $P = -4 + 12$   
 $P = 8$

e)  $P = 2$

Questão 4

(FEI-SP) A posição  $p$  de um ponto varia no tempo conforme a tabela:

Figura 9: Anotações feitas por uma aluna do Grupo Experimental para resolver a questão 3.

Apesar de a maioria ter optado pela alternativa A, não deve ser desconsiderado o pequeno aumento no índice de acertos. Talvez pela função correta ter um formato muito discrepante das demais, não foi considerada como possível escolha no pré-teste. Contudo, no pós-teste a escolha da alternativa B não foi ao acaso para todos os estudantes que optaram por ela, tanto no GE como no GC (figuras 8 e 9).

Bem, tanto no que pôde ser analisado em termos estatísticos, pois o crescimento de ambos os grupos foi de sete pontos percentuais, como no que foi encontrado nas soluções que acompanhavam os testes de estudantes que acertaram a questão, pode-se concluir que o ganho de conhecimento acerca da correlação entre o gráfico e sua função geradora não foi diferente para os dois grupos para gráficos gerais.

Todavia, como a situação do problema divergiu bastante da apresentada em sala para os dois grupos, a análise das respostas para a terceira questão não fornece dados suficientes para se supor uma diferenciação no ganho de aprendizagem significativa quando se quer comparar a evolução entre o GC e o GE. Contudo, esse ganho pode ser suposto quando se percebe, nos manuscritos de resolução dos problemas, que o conteúdo não foi memorizado literalmente por todos os estudantes, pois conseguiram transpô-lo para uma situação diversa das apresentadas previamente.

#### **4.1.4. Questão 4**

Da quarta questão, esperava-se que os estudantes conseguissem estabelecer uma relação algébrica de dependência entre duas grandezas cuja correlação foi dada em uma tabela. O objetivo era, pois, verificar se os estudantes conseguiam fazer o intercâmbio entre essas duas formas de representar uma função.

(FEI-SP) A posição  $p$  de um ponto varia no tempo conforme a tabela:

$p(m)$	25	21	17	13	9	5
$t(s)$	0	1	2	3	4	5

A função horária desse movimento é

- A.  $p = 4 - 25t$
- B.  $p = 25 - 4t$
- C.  $p = 25 + 4t$
- D.  $p = -4 + 25t$
- E.  $p = -25 - 4t$

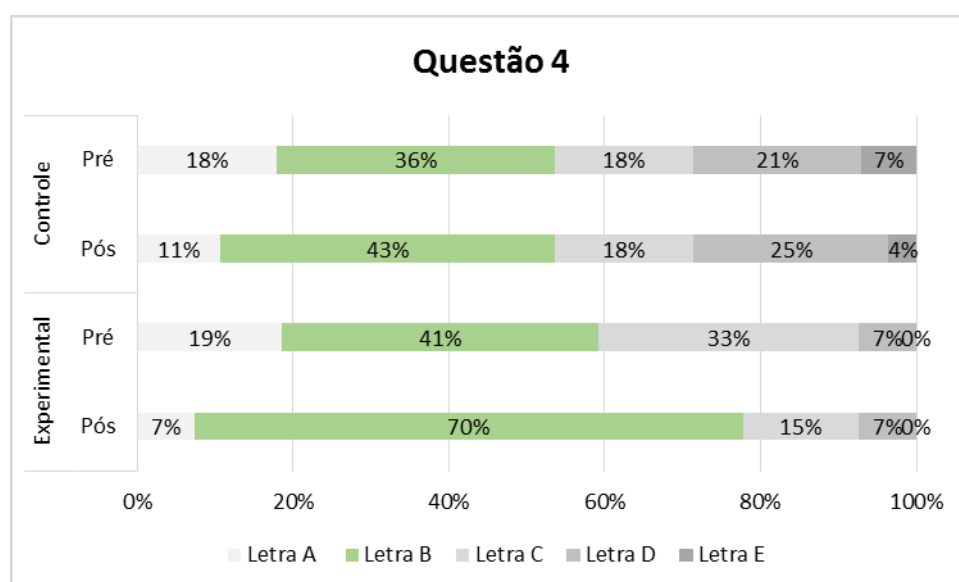


Gráfico 5: Respostas da questão 4

Como pode ser observado no gráfico 5, os grupos diferenciavam-se pouco antes da intervenção, o equivalente a duas respostas. Entretanto, após a aplicação da proposta didática, aparece claramente a diferença entre o GC e o GE, não só no número de respostas corretas como também na escolha das alternativas em relação ao pré-teste, pois o grupo controle parece ter mantido uma determinada uniformidade na marcação do item.

Em termos estatísticos, pode-se perceber uma grande diferenciação entre os dois grupos quando se compara seus respectivos desempenhos antes e depois da pesquisa. O GE obteve uma diferença de 29% em relação ao início, enquanto que no GC esse aumento foi só de sete pontos percentuais,

revelando uma progressão maior naquele grupo, o qual foi submetido ao material instrucional proposto.

Além dessa diferença, foi possível verificar no GE diversas maneiras de resolução do problema: alguns demarcaram as taxas de variação das variáveis, enquanto outros testaram substituições (figura 10). No GC, as resoluções deixadas no rascunho foram somente por meio da observância das variações na tabela. Pode-se supor, então, que o material instrucional, ao mostrar diversas maneiras de lidar com as relações funcionais, permitiu que os estudantes selecionassem a melhor forma de resolver o problema.

**Questão 4**

(FEI-SP) A posição  $p$  de um ponto varia no tempo conforme a tabela:

$p(m)$	25	21	17	13	9	5
$t(s)$	0	1	2	3	4	5

Handwritten annotations above the table show differences between consecutive  $p$  values:  $4 - 4$ ,  $4 - 4$ ,  $4 - 4$ ,  $4 - 4$ . Below the table, there are checkmarks and the number 1 under the  $t$  values from 1 to 5.

A função horária desse movimento é

- A.  $p = 4 - 25t$   
 B.  $p = 25 - 4t$   
 C.  $p = 25 + 4t$   
 D.  $p = -4 + 25t$   
 E.  $p = -25 - 4t$
- Handwritten calculations for each option:
- $25 - 4 = 21$
  - $21 - 4 = 17$
  - $17 - 4 = 13$
  - $13 - 4 = 9$
  - $9 - 4 = 5$

**Questão 4**

(FEI-SP) A posição  $p$  de um ponto varia no tempo conforme a tabela:

$p(m)$	25	21	17	13	9	5
$t(s)$	0	1	2	3	4	5

A função horária desse movimento é

- A.  $p = 4 - 25t$   
 B.  $p = 25 - 4t$   
 C.  $p = 25 + 4t$   
 D.  $p = -4 + 25t$   
 E.  $p = -25 - 4t$
- Handwritten calculations for each option:
- $p = 25 - 4 \cdot 21$
  - $p = 21 - 4 = 17$
  - $p = 17 - 4 = 13$
  - $0 = 13 - 4 = 9$

Figura 10: Resoluções de duas alunas do Grupo Experimental para a questão 4.

É bom salientar que esse item aproxima-se bastante da situação proposta no texto do material didático, o que poderia ter implicado um maior número de acertos do GE e uma suposta aprendizagem mecânica. Entretanto, foi incluído o fator “espaço inicial”, o qual não foi discutido pelo texto instrucional, de modo que, se a aprendizagem tivesse sido por memorização,

talvez esse fator fosse constituir um obstáculo na resolução da questão. Na classe do GC, entretanto, foi discutido brevemente um exemplo que incluía valores de contorno tal como o pedido na questão.

Levando em conta todos os aspectos analisados anteriormente, é possível concluir que as mudanças verificadas nas respostas da questão 4 indicam um provável aporte da mediação ocorrida especialmente no GE. Tal fato pode indicar que o estudo do desenvolvimento de funções após a análise lógica de um problema, tal como foi feito no texto, substitui de forma eficaz a memorização de fórmulas.

Por conta do caráter arbitrário do suposto aprendido no qual os estudantes simplesmente decoram, seria preferível desenvolver a capacidade de modelar problemas, principalmente se os estudantes já possuem saberes prévios para tanto. Mesmo que já exista uma fórmula decorada, saber a lógica de sua formação permite que a mesma se ancore a subsunções pré-existentes, de modo que a capacidade do aluno em lembrar-se das expressões pode, após um processo intencional de reconstrução de significados, ser utilizada em novas situações. (FÁVERO e SOUSA, 2001)

#### **4.1.5. Questão 5**

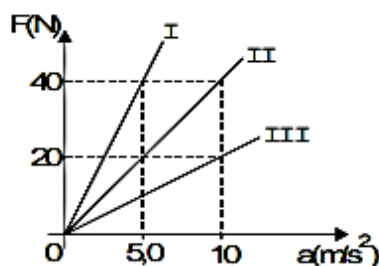
Considerando as competências citadas nos PCN – Física acerca da articulação de códigos e símbolos utilizados em ciência, o objetivo da última questão, a qual foi dividida em dois itens, repousa na capacidade do aluno em usar a linguagem da física e suas várias formas de expressão para resolver problemas e interpretar dados.

Gostar-se-ia que, no item I, os estudantes fossem capazes de obter, por meio de um gráfico que relaciona duas grandezas, uma terceira grandeza a partir da articulação entre dois dados fornecidos pelo gráfico e a função que relaciona as três variáveis. Para tanto, os estudantes deveriam ter como capacidade secundária o uso do sistema de coordenadas cartesianas, principalmente no que concerne ao reconhecimento dos pares ordenados como



elementos pertencentes a dois conjuntos de números relacionados por uma regra matemática, no caso, a equação fundamental da dinâmica.

(ESPM-SP, adaptada) Construiu-se o gráfico do módulo da força resultante em função da aceleração que o corpo I adquire. Repetiu-se o procedimento para os corpos II e III. Os resultados estão apresentados no gráfico abaixo.



Item I - Sabe-se que a função que relaciona a aceleração adquirida por um corpo a partir da aplicação de uma determinada força é

$$F = m \cdot a$$

onde  $F$  é a força em N,  $a$  é a aceleração em  $m/s^2$  e  $m$  é a massa em kg. Dessa maneira, as massas dos corpos I, II e III são, em kg, respectivamente:

- A. 2; 4 e 8
- B. 4; 8 e 16
- C. 8; 4 e 2**
- D. 16; 8 e 4
- E. 20; 40 e 20

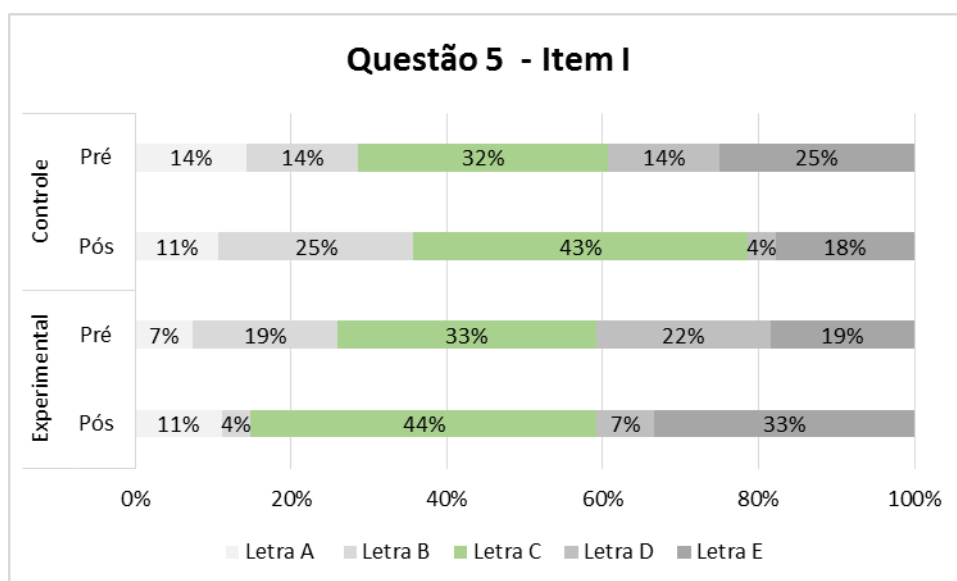
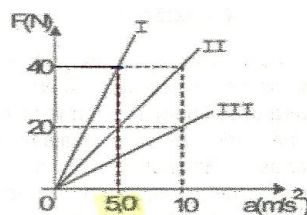


Gráfico 6: Respostas da questão 5 – Item I

O gráfico 6 mostra que os grupos eram equivalentes antes da intervenção no que tange os conhecimentos cobrados e mantiveram-se assim após aumentarem, igualmente, onze pontos percentuais no número de acertos em relação ao início. Sem se analisar a resolução dos problemas, mas somente os dados estatísticos de acertos e erros, é possível inferir que a intervenção feita no GE não gerou diferenciação entre os grupos.

Entretanto, observando os rascunhos, em alguns testes do GE, foi possível verificar a inobservância da palavra “respectivamente” no enunciado, o que levou alguns estudantes a marcarem a alternativa A, mesmo que, ao se verificar os rascunhos deixados, tenham feito as contas corretamente (figura 11). Muitos estudantes substituíram os valores corretos para as variáveis e utilizaram os pares ordenados corretos. No GC, não foram encontrados rascunhos em nenhum teste para os quais a resposta marcada foi a letra A.



1- Sabe-se que a função que relaciona a aceleração adquirida por um corpo a partir da aplicação de uma determinada força é

$$F = m \cdot a$$

onde F é a força em N, a é a aceleração em  $m/s^2$  e m é a massa em kg. Dessa maneira, as massas dos corpos I, II e III são, em kg, respectivamente:

- A. 2; 4 e 8
- B. 4; 8 e 16
- C. 8; 4 e 2
- D. 16; 8 e 4
- E. 20; 40 e 20

$$40 = m \cdot 5,0$$

$$m = \frac{40}{5,0}$$

$$m = 8 \text{ kg}$$

$$20 = m \cdot 10$$

$$m = \frac{20}{10}$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$40 = m \cdot 10$$

$$m = \frac{40}{10}$$

$$m = 4 \text{ kg}$$

Figura 11: Resolução de uma aluna do Grupo Experimental.

No geral, o que se pode perceber foi uma maior preocupação dos estudantes do GE em explicitar o raciocínio utilizado na resolução da questão. Moreira (1997) defende que evidências de aprendizagem significativa são perceptíveis quando o aprendiz é capaz de representar em diversas linguagens suas previsões e explicações para um problema de física, pois tais representações sugerem um modelo mental equivalente, em termos estruturais, sobre o sistema físico representado.

Por conta do que foi dito, infere-se que o uso do material proposto, o qual prioriza a análise detalhada do problema, evidenciando todo o raciocínio na forma expressa, pode ter influenciado nas estratégias utilizadas pelos estudantes na resolução do problema. Desde a interpretação do gráfico à resolução das equações, mesmo que não tenha sido solicitado, os estudantes do GE deixaram vestígios do plano traçado e das ferramentas utilizadas para lidar com a questão proposta (figura 12).

A. 2; 4 e 8  
 B. 4; 8 e 16  
 C. 8; 4 e 2  
 D. 16; 8 e 4  
 E. 20; 40 e 20

I-  
 $40 = m \cdot 5,0$   
 $m = \frac{40}{5,0}$   
 $m = 8$

II-  $40 = m \cdot 10$   
 $m = \frac{40}{10}$   
 $m = 4$

III-  $20 = m \cdot 10$   
 $m = \frac{20}{10}$   
 $m = 2$

Figura 12: Resolução de uma aluna do Grupo Experimental para a questão 5 – item I.

Partindo-se para a análise do segundo item dessa questão, esperava-se que os estudantes, a partir de um gráfico de força *versus* aceleração, identificassem a abscissa correspondente à coordenada de força 40 N para um carro denominado I. Para tanto, os estudantes deveriam avaliar somente a reta mais inclinada e associar o valor no eixo y ao valor em x para o ponto

especificado. De todas as questões, essa pode ser considerada a mais simples por cobrar uma interpretação elementar de gráfico.

Esperava-se do item que os estudantes obtivessem a resposta somente pela observação do gráfico. Poder-se-ia considerar possíveis obstáculos na interpretação da questão por conta de dois fatores: a existência de muitas curvas plotadas em um mesmo espaço cartesiano e a representação de linhas pontilhadas associando valores de  $F$  e  $a$ . Possivelmente, essa combinação confunde o raciocínio de alguns estudantes, que tendem a focar a atenção no cruzamento dessas linhas ao invés de observar os pontos que realmente compõem a os gráficos de linha contínua.

Questão 2 - Item II - A partir do gráfico, é possível dizer que, para o corpo I, uma força de 40 N produz uma aceleração, em  $m/s^2$ , igual a:

- A. 0
- B. 5**
- C. 10
- D. 20
- E. 40

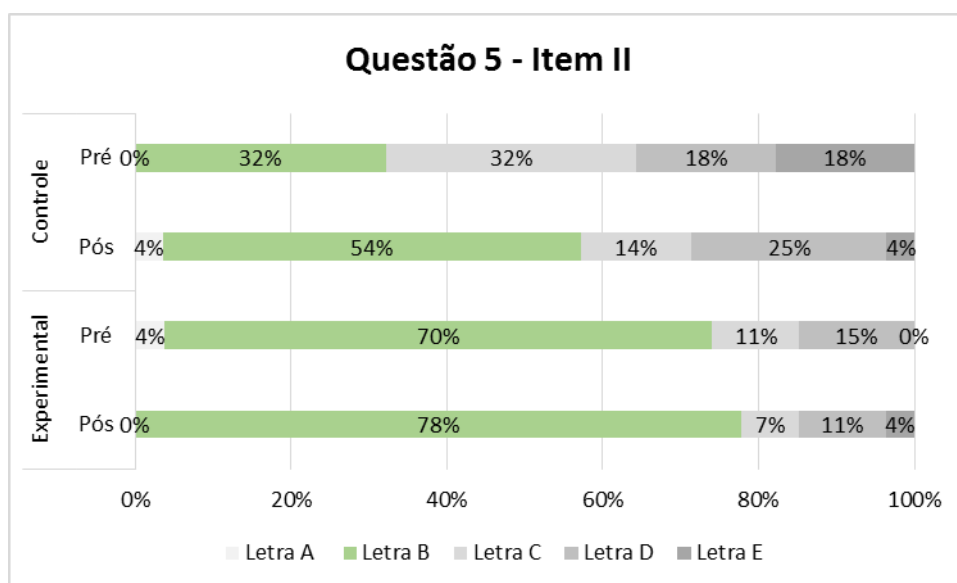


Gráfico 7: Respostas da questão 5 – Item II

Da observação do gráfico 7, pode-se supor uma superioridade do GE sobre o GC na ocasião do pré-teste, visto que se diferenciavam por 38% em respostas corretas. Esse resultado mostra que os conhecimentos prévios dos dois grupos em relação aos objetos de conhecimento cobrados na questão eram díspares. Vale salientar que, para esse mesmo teste, o GE não só superou de forma significativa o GC, como também já apresentou um número de respostas corretas que permite supor que a turma, em geral, já possuía bastante proficiência na leitura e interpretação de gráficos.

Entretanto, quando se compara os resultados obtidos antes e depois da intervenção, verifica-se um maior crescimento do GC, mas que ainda continua com uma diferença de 24% em relação ao GE, o qual apresentou um sutil crescimento. Pensa-se que os dados obtidos para o GE devam ser interpretados de forma mais cuidadosa para que se façam inferências na comparação do ganho de aprendizagem nos dois grupos.

Mesmo tendo aumentado 8% em relação aos seus índices iniciais contra 22% do GC, o grupo que sofreu a intervenção já havia apresentado uma alta pontuação no pré-teste, de modo que concluir sobre a superioridade da ação didática realizada no GC para o conteúdo cobrado na questão 5 – item II seria precipitado somente com os dados obtidos nesse item. Além disso, mais uma vez foram encontrados traços do raciocínio dos estudantes do GE (figura 13).

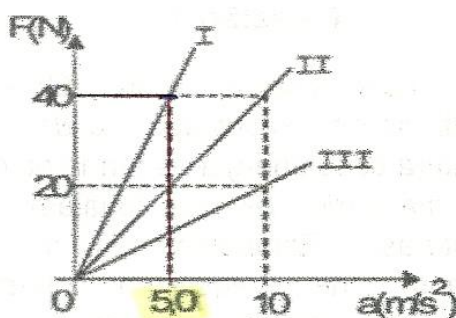


Figura 13: Marcações no gráfico de uma aluna do Grupo Experimental para resolver a questão 5 – item II.

## 4.2. Questionários

Os questionários de opinião aplicados para a turma do grupo experimental, na qual foi utilizado o material didático proposto neste trabalho (ver anexo 2), visava à coleta de dados sobre a impressão dos estudantes em relação ao material proposto e da própria aprendizagem, além da condução das aulas durante o período da intervenção. Para tanto, foram formuladas sentenças com as quais os estudantes revelavam seu nível de concordância, os quais foram agrupados de acordo com os códigos:

- CT –Concordo Totalmente
- C – Concordo
- I – Indiferente
- D – Discordo
- DT – Discordo Totalmente

Para facilitar a análise de dados, as sentenças foram divididas de acordo com o aspecto a qual se referia: ou a elementos específicos do material ou a condução da proposta no geral. Sobre os aspectos específicos do material, as sentenças ainda foram sistematizadas para que se pudesse avaliar que elementos da *gamificação* foram positivos na motivação e aprendizagem dos estudantes. Assim, focou-se na percepção dos estudantes acerca da narração, dos desafios, da linguagem, da estética, da interação, das recompensas e dos *feedbacks*.

Também foram utilizadas duas perguntas abertas para que os estudantes pudessem destacar os pontos positivos e negativos da proposta como um todo. Escolheu-se coloca-las dessa forma para que o estudante pudesse relatar outras sensações acerca do trabalho realizado as quais, por ventura, não foram contempladas nas afirmações estruturadas e que pudessem, então, complementa-las.

### Aspectos relativos especificamente à *gamificação* do material

Como foi dito anteriormente, algumas sentenças foram formuladas para que os estudantes emitissem sua opinião acerca de alguns elementos da *gamificação* os quais foram inseridos no texto do material instrucional produzido e também na condução das aulas para o Grupo Experimental. A primeira categoria de sentenças buscou opiniões acerca do uso de metáforas para dar cenário ao objetivo de aprendizado almejado pelo material.

**1. O conteúdo apresentado em forma de história, com um enredo, manteve minha atenção por mais tempo e me motivou a continuar a leitura.**

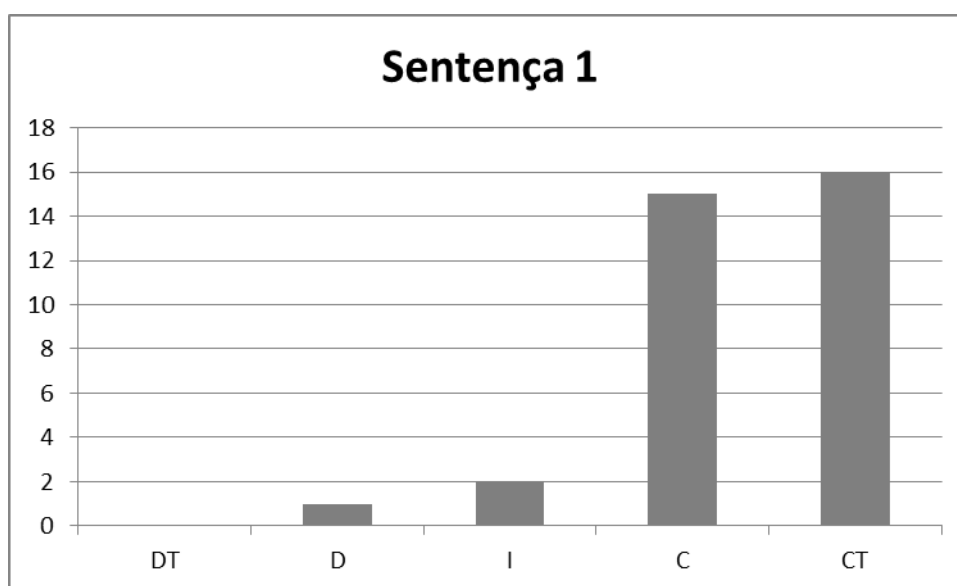


Gráfico 8: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 1

**2. A leitura da narração de uma história, ao invés de um conteúdo puro, cansa menos.**

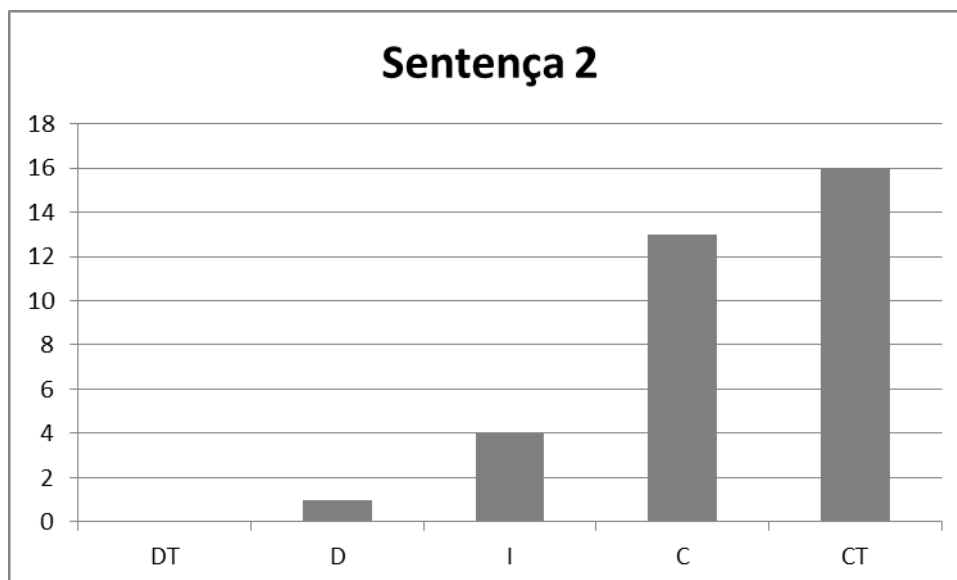


Gráfico 9: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 2

**3. A presença da história volta a atenção toda para ela, prejudicando a compreensão dos conceitos tratados pelo material.**

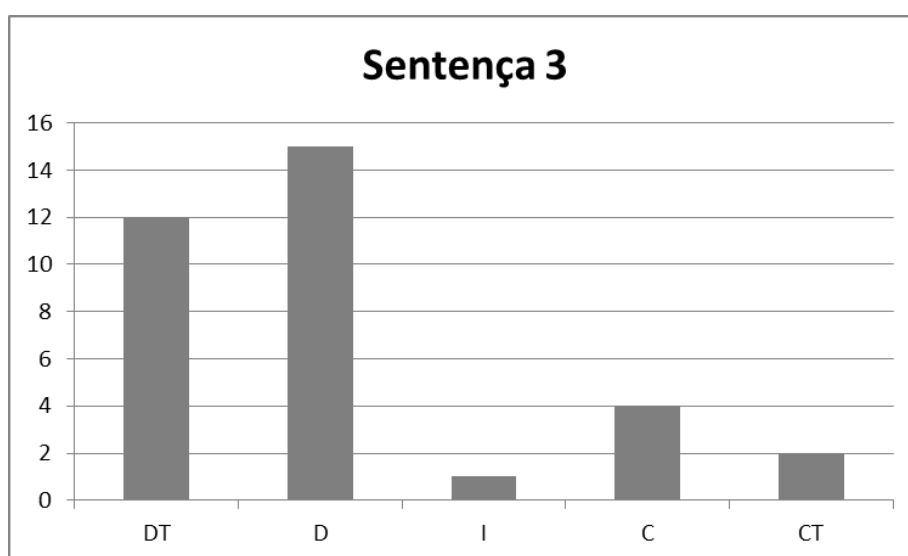


Gráfico 10: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 3



As três primeiras sentenças, cujos resultados encontram-se nos gráficos de 8 a 10, tinham como objetivo investigar a percepção dos estudantes acerca do uso da narrativa. As duas primeiras referem-se a afirmações que concordam com os referenciais teóricos, ou seja, de que a narrativa torna a aprendizagem mais envolvente e motivadora, enquanto que a segunda ressalta uma possível desvantagem de seu uso, ou seja, foco excessivo na história em detrimento dos conceitos.

De acordo com as opiniões apresentadas, 91% dos estudantes concordam que o uso de um enredo mantém a motivação e atenção, enquanto que 85% sentiram que a junção do conteúdo com a história permite que eles passem mais tempo na leitura sem entediar-se. Em contrapartida, quando questionados se a história atrapalharia na aprendizagem dos conceitos por suscitar atenção para ele, 79% dos estudantes discordaram.

Observando a opinião positiva acerca da inserção da história no material didático, pode-se dizer que o possível apelo emocional fornecido por esse elemento de jogo gerou motivação nos estudantes para a leitura sem que ficassem cansados.

#### **4. A linguagem com que o texto foi escrito tornou a compreensão do conteúdo mais fácil.**

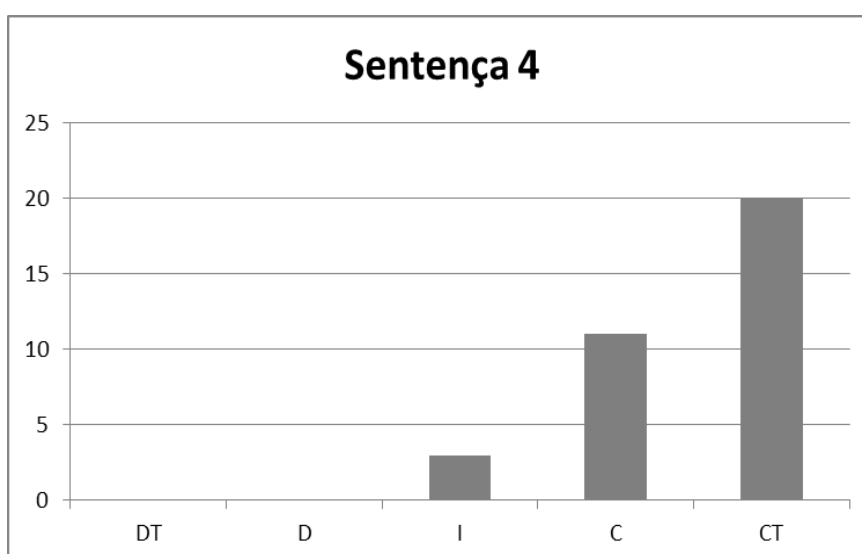
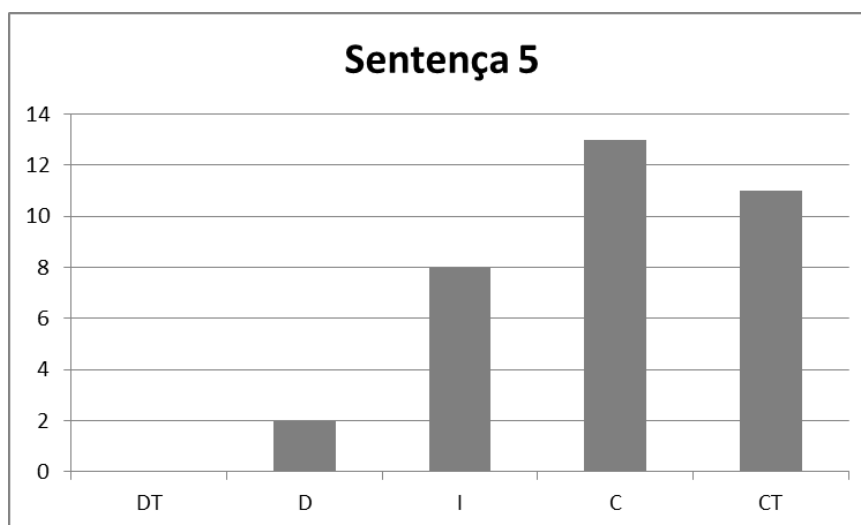


Gráfico 11: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 4

**5. É possível ler e compreender o conteúdo do material sem ajuda de adultos.**



*Gráfico 12: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 5*

As sentenças cujas opiniões são mostradas nos gráficos 11 e 12 visavam à avaliação dos estudantes em relação à inteligibilidade do texto. Além disso, buscava-se saber se a maneira como foi estruturado textualmente possibilitou a autonomia do estudante na sua leitura e compreensão. Isso porque, a inserção de uma narrativa e um estilo de escrita mais livre e próximo do estudante, conceitos defendidos pela *gamificação*, influencia na significatividade do material instrucional, o qual, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, deve apresentar uma linguagem adequada aos estudantes.

Ao se observar o gráfico 11, que questionava exatamente se a linguagem utilizada facilitou a compreensão do conteúdo, vê-se que 91% dos estudantes opinou a favor a assertiva, sendo que não houve nenhuma opinião contrária. Apesar disso, quando se observa o gráfico 12, cai para 70% o número de estudantes que acham possível compreender o material sem ajuda de um adulto instruído, sendo que a maioria não concordou somente em parte. Dessa forma, é possível inferir que, apesar de ter tornado o texto mais inteligível, a linguagem utilizada não implicou em autonomia de leitura para todos os estudantes. Entretanto, de uma forma geral, houve uma boa validação dos estudantes em relação a esse aspecto.

**6. O uso de diálogos e de setas que explicavam alguns detalhes permitiu que o conteúdo fosse entendido de forma mais clara.**

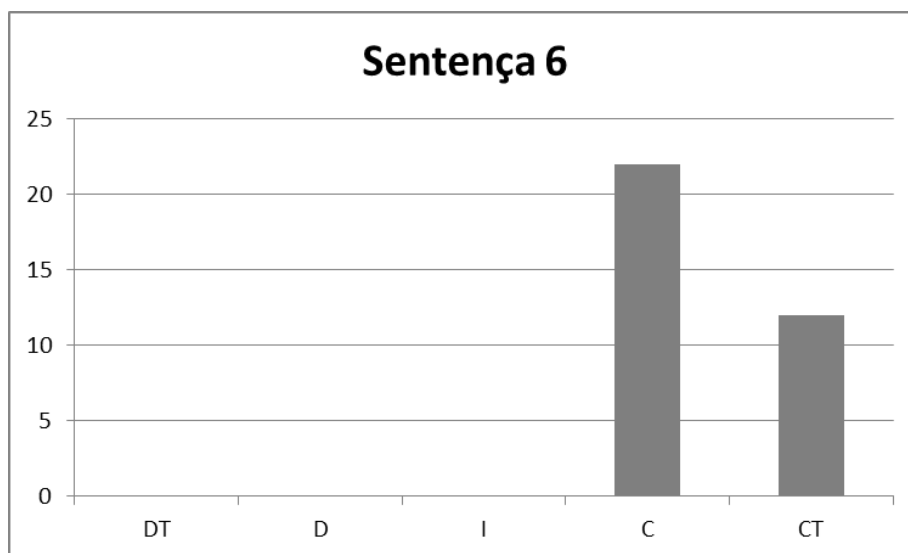


Gráfico 13: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 6

**7. A disposição do texto e das imagens colaboraram para um design que motiva a leitura do texto.**

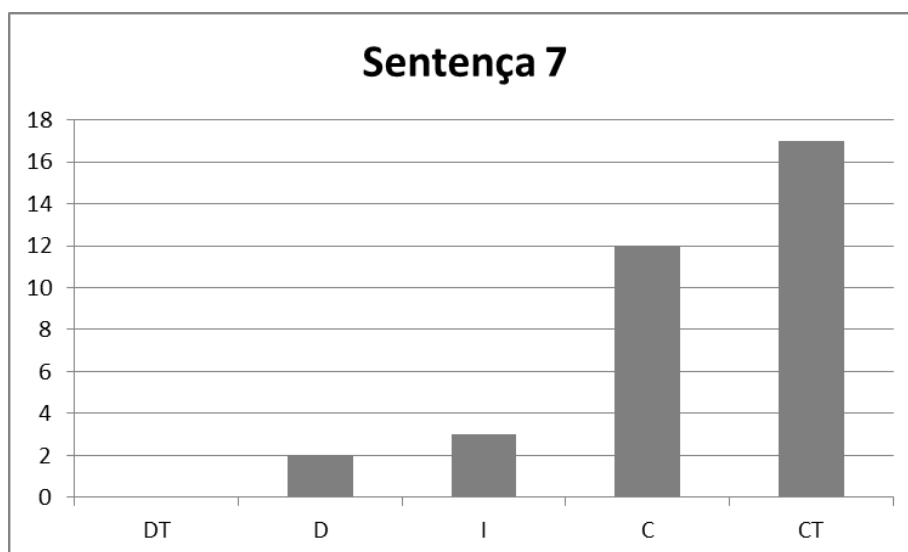


Gráfico 14: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 7

**8. A quantidade de páginas me fez desanimar durante a leitura do material.**

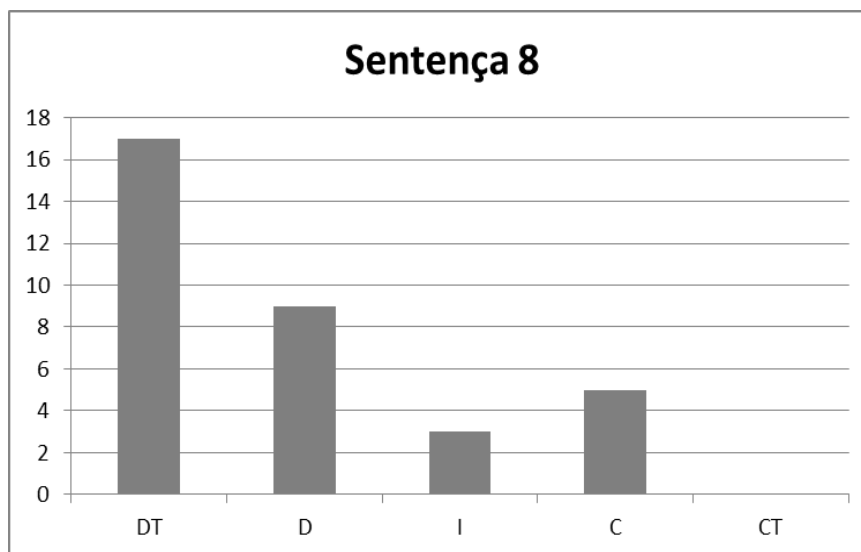


Gráfico 15: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 8

As afirmações mostradas nos gráficos 13 a 15 visavam avaliar alguns detalhes da estrutura do material didático, principalmente no que diz respeito ao *layout* adotado. É notável que a inserção de elementos como imagens e diálogos em uma disposição não convencional e em maior número aumenta o tanto de páginas, o que poderia causar desmotivação nos estudantes ao ver o volume de texto. Por isso o questionamento da oitava assertiva.

Ao se observar o gráfico 13, pode-se ver que 100% dos estudantes acharam válido o uso dos diálogos e de setas explicativas para tornar o conteúdo mais compreensível. Em relação à disposição das imagens e do texto de forma diferente do convencional, 85% dos estudantes concordam que possibilitaram uma apresentação mais motivadora à leitura, conforme indica os dados mostrados no gráfico 14.

Os resultados obtidos a partir dessas duas assertivas mostram que o material apresenta elementos os quais podem torna-lo potencialmente significativo. Sua estrutura e organização, somados à exploração de recursos diversos dentro de um contexto verossimilhante, contempla os aspectos discutidos no referencial teórico no que diz respeito a facilitar a associação do conteúdo contido no material à estrutura cognitiva do estudante.

Em relação ao volume do material instrucional, os índices em favor do mesmo tiveram uma pequena queda, representando 76% da amostra. Os estudantes que concordaram que o número de páginas causa desânimo foram 15%. A partir disso, é possível inferir que poucos estudantes, apesar de acharem eficaz o trabalho com uma formatação gráfica diferente na promoção de incentivo à leitura, se desempolgam com a tarefa ao visualizar a quantidade de páginas.

Acredita-se que o fator de desmotivação causado pela quantidade de páginas possa ter sido minimizado pelo fato de o material ter sido entregue aos pedaços. Um livro convencional poucas vezes ultrapassa vinte páginas para um capítulo, incluindo exercícios. O material criado continha vinte e oito páginas o que, considerando o conteúdo tratado, representa um volume bastante grande, mas que apresentou um estilo de escrita com os quais os estudantes identificaram-se.

De acordo com o que foi discutido na problematização deste trabalho, os estudantes em geral não gostam e não conseguem compreender sozinhos os conteúdos contidos nos livros didáticos, de modo que a avaliação positiva do material proposto pode qualificá-lo como possível alternativa para o problema.

### **9. As situações apresentadas se aproximam da realidade concreta, o que torna o conteúdo mais palpável.**

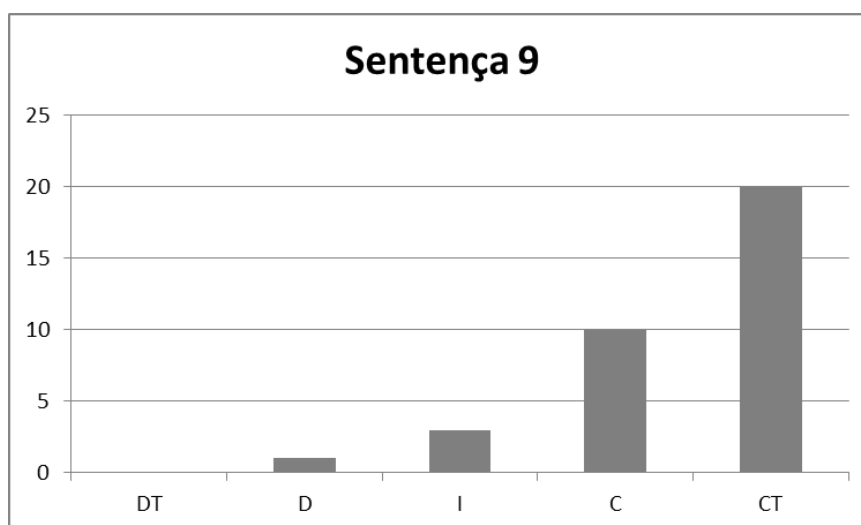


Gráfico 16: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 9

## 10. O conteúdo tem relação com o cotidiano.

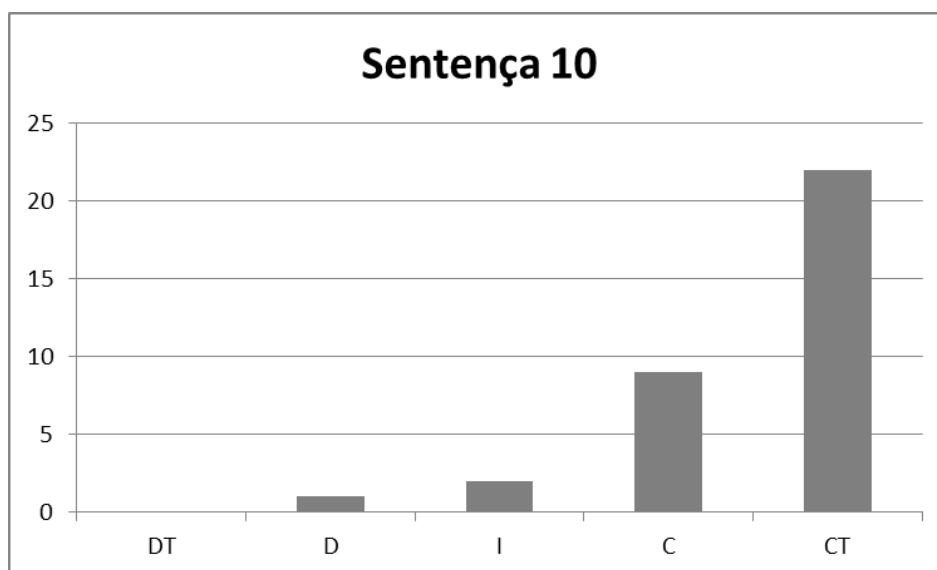


Gráfico 17: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 10

Apesar de a narrativa utilizada ter sido tratada como uma história, buscou-se associa-la com a realidade concreta dos estudantes, visto que essa é uma das características propostas por Lara e Sousa (2009) para aumentar o potencial de acontecer a aprendizagem significativa. Além disso, quando se falou do uso de narrativas dentro da gameficação, foi comentado que uma de suas potencialidades era a de proporcionar um contexto para a realização da tarefa, o qual justifica a sua realização.

Diante do exposto, as afirmações 9 e 10 buscaram saber dos estudantes se eles julgaram o conteúdo como pertencente ao seu cotidiano e, ainda, se a forma como foi abordado aproximou-se da realidade a fim de favorecer a compreensão do conteúdo. Observando os gráficos 16 e 17, é possível conferir que 88% dos estudantes concordaram que as situações propostas tornaram o conteúdo mais palpável, enquanto que 91% opinaram que o conteúdo apresentado faz parte de seu cotidiano. Vale ressaltar que a maioria dos estudantes, para ambas as assertivas, concordaram plenamente.

**11. O fato de a resposta dos exercícios virem na página posterior motiva a continuidade da leitura.**

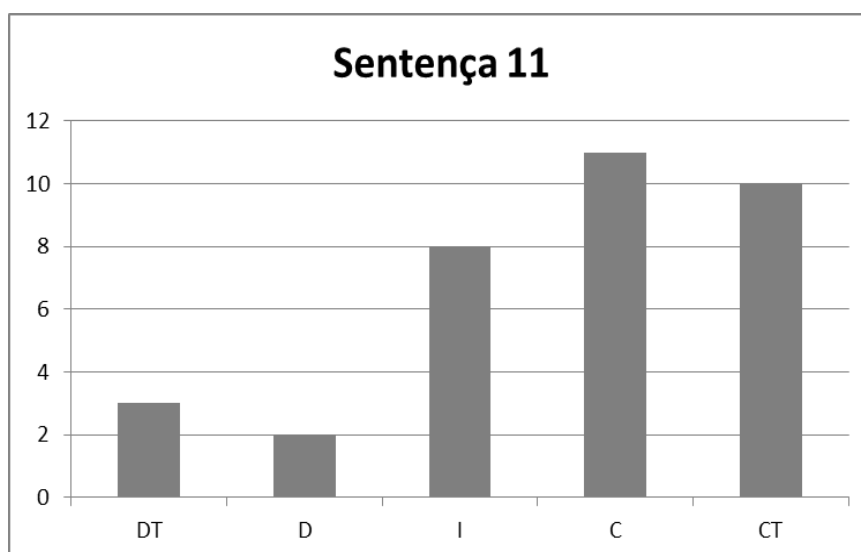


Gráfico 18: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 11

Um dos princípios da utilização dos jogos na educação é o fornecimento de *feedbacks* rápidos. Dentro do material, essa característica se revela nas respostas das atividades, as quais aparecem na página subsequente àquela onde a tarefa foi proposta. Sobre esse elemento, os estudantes avaliaram a que nível essa característica ajudou a motiva-los na leitura do material.

Como é possível perceber no gráfico 18, apesar de a maioria da amostra mostrar-se favorável ao que foi dito (62%), o conjunto de opiniões emitidas pareceu bastante heterogêneo, principalmente se comparado às respostas obtidas em outros itens. Apesar de somente 15% dos estudantes discordar da afirmativa, sendo que desses a maioria discorda totalmente, o que chama atenção é o tamanho da barra que representa o conjunto de estudantes indiferentes ao que foi afirmado.

Dentro do que foi verificado, pode-se inferir que alguns estudantes leriam o texto com a mesma motivação caso as respostas não compusessem o texto, entretanto a maioria achou a alternativa válida. Um aspecto que poderia justificar a boa aceitação dessa proposta seria a facilitação da cópia de respostas. Entretanto, durante as aulas, os estudantes eram escolhidos aleatoriamente para falarem sobre o texto, o que inibiu tal prática.

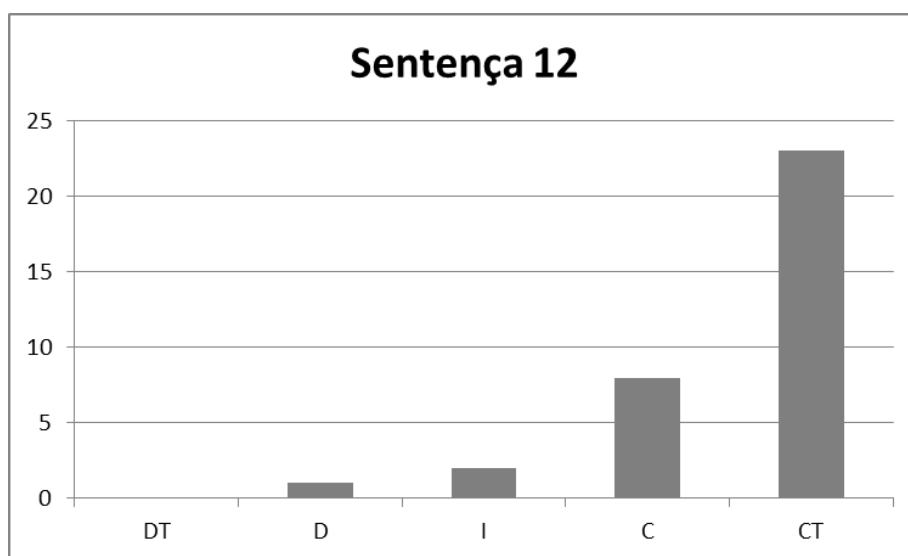
**12. Gostaria de ter mais materiais escritos dessa maneira.**

Gráfico 19: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 12

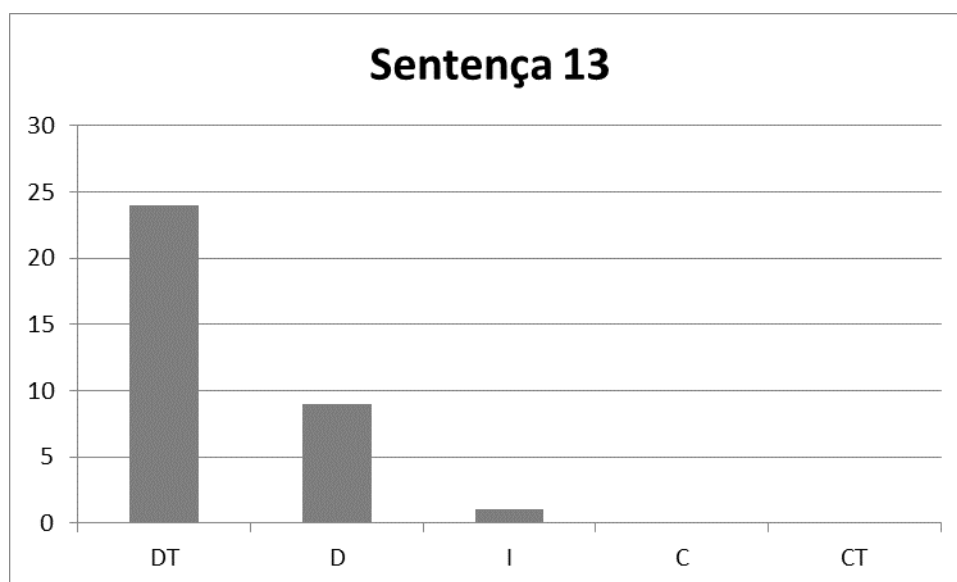
**13. Prefiro materiais didáticos mais “tradicionais”.**

Gráfico 20: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 13



#### 14. É possível estudar usando apenas esse material.

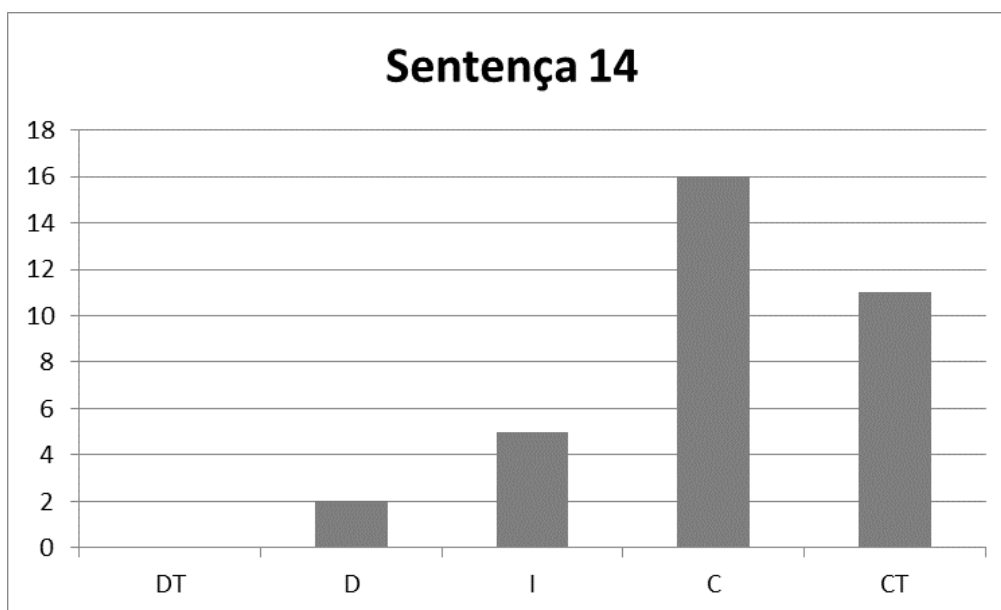


Gráfico 21: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 14

As últimas afirmações acerca do material instrucional visavam à avaliação geral do mesmo, ou seja, se o conjunto foi aprovado pelos estudantes. De acordo com o mostrado no gráfico 19, verifica-se que somente um estudante não gostaria de receber mais materiais como o proposto. Em contrapartida, a maioria (91%) concordou que seria interessante recebê-lo, sendo a maioria (74%) totalmente concordante.

Avaliando o gráfico 20, observa-se que nenhum estudante prefere um material didático mais tradicional, o que corrobora com parte dos resultados apresentados por Hosoume et al. (2003) sobre a opinião dos estudantes acerca dos livros didáticos. Entretanto, a ratificação desses resultados é melhor representada pelos resultados obtidos na sentença 14. O gráfico 21, apesar de a maioria não concordar totalmente, mostra que 79% dos estudantes concordam com a utilização do material didático.

Em vista dos resultados apresentados, infere-se que o uso de materiais instrucionais com as características do elaborado para esta pesquisa é uma potencial alternativa para os problemas relatados por Hosoume et al. (2003).

Isso pode ser dito porque, além de a maioria dos estudantes achar que são capazes de entender o material sozinhos, como foi mostrado no gráfico 12, concordam que poderiam utiliza-lo como referência para estudo em detrimento dos materiais didáticos tradicionais.

### **Aspectos gerais acerca da proposta e *gamificação* da aula**

A segunda categoria de sentenças tinha como objetivo a avaliação pelos estudantes sobre como a intervenção foi conduzida de forma geral. Dessa maneira, buscou-se saber a opinião dos mesmos acerca de elementos de jogos inseridos na dinâmica pedagógica, como a preparação, a interação e formação de grupos, os sistemas de recompensas e os desafios.

Além disso, os estudantes também emitiram suas opiniões acerca do interesse que sequência didática proporcionou-lhes, da aprendizagem que julgaram ter durante a intervenção, do comportamento do professor em sala e, enfim, se toda a metodologia foi validada pelos estudantes.

As quatro afirmações que seguem buscavam informações acerca dos elementos de jogos os quais foram apontados como fundamentais para se criar uma experiência de aprendizagem. O primeiro deles refere-se ao que Koster (2005) chama de “preparação”, ou seja, possibilitar que o estudante/jogador possa se preparar para a tarefa.

### **15. A leitura prévia do material facilitou o entendimento da aula dada pelo professor.**

De acordo com o gráfico 22, a maioria dos estudantes (94%) concordou que a leitura do material antes da aula sobre o assunto facilitou a compreensão da aula dada pelo professor. Mais da metade da amostra (62%) concordou totalmente com a afirmativa.

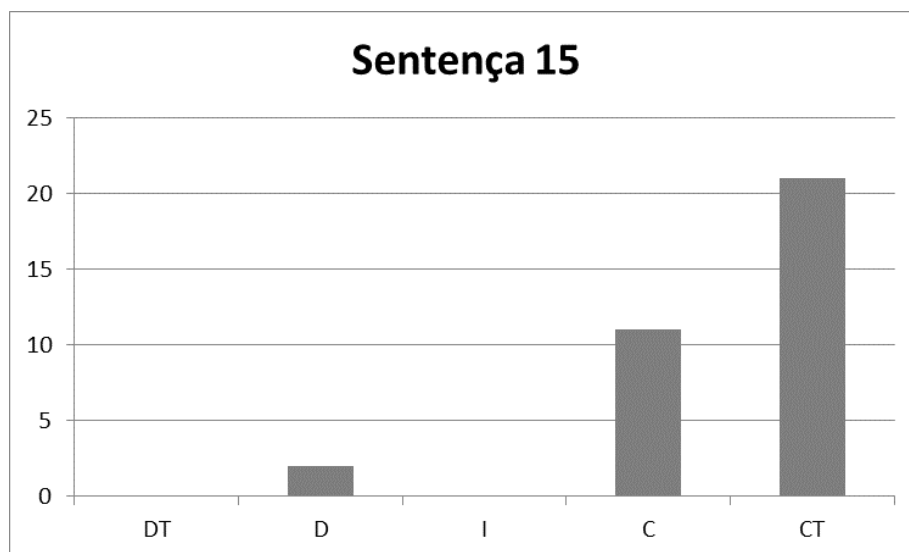


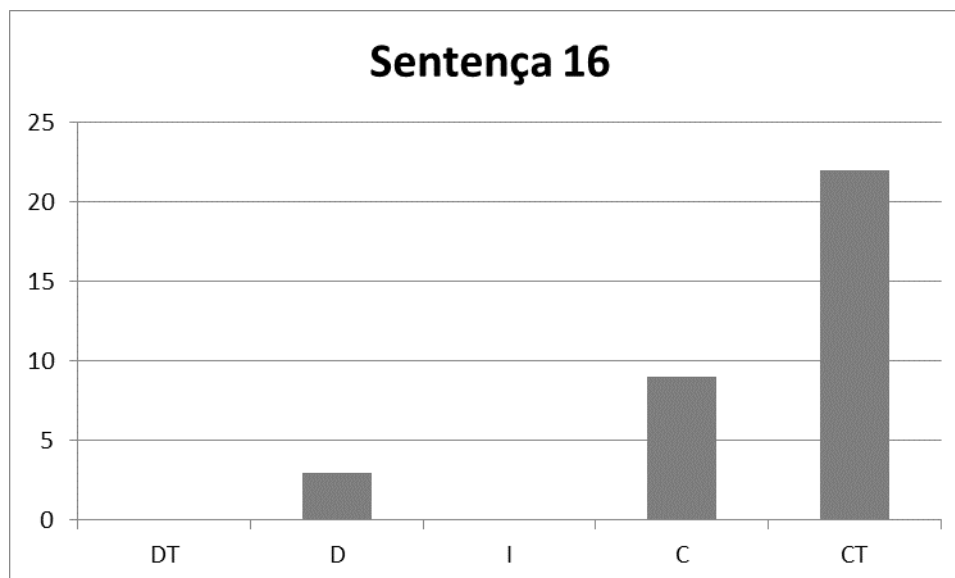
Gráfico 22: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 15

A opinião dos estudantes acerca da leitura prévia corrobora a conclusão obtida a partir da afirmativa que versava sobre a compreensão do material (afirmativa 5). Ao mesmo tempo que a maioria dos estudantes concordou que o material poderia ser compreendido sem a ajuda de adultos instruídos, confirmou que a leitura antecipada facilitou o entendimento da aula. Juntando essas duas estatísticas, pode-se supor que o material tem elementos que o caracterizam como potencialmente significativo.

A estratégia de enviar o material antes da aula, além de se tratar de um modelo de “preparação” quando se fala em jogos, também dialoga com a ideia de organizador prévio proposta pela teoria da aprendizagem significativa. É possível inferir que os dados obtidos no gráfico 22 também mostram que o material didático permitiu que os estudantes visualizassem o conteúdo a partir daquilo que já sabiam e fizessem uma ponte de ligação com as novas proposições feitas posteriormente pelo professor.

A sentença seguinte procurou avaliar o aspecto “interação”, fator discutido por Lee e Hammer (2011), Fardo (2013) e Simões, Redondo e Vilas (2013):

**16. A formação de grupos proporcionou um maior empenho em ler e responder o material proposto.**



*Gráfico 23: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 16*

De acordo com os dados apresentados no gráfico 23, 91% dos estudantes concordaram, a maioria totalmente (64%), que a formação de grupos motivou a realização das tarefas propostas no material. Como a composição da sequência didática proporcionou tanto cooperação como disputa, a partir da opinião dos estudantes acredita-se que essa forma de interação pode ter implicado em experiências emocionais causadoras de motivação, como defendiam os autores.

Já a sentença 17 visava à análise dos estudantes acerca do fator denominado “desafio”, ou seja, se as tarefas propostas eram o bastante interessantes para estimular os estudantes a quererem resolvê-la ou se resolviam apenas por obrigação de dar satisfação ao professor ou ao grupo:

**17. Saber que teria que resolver um desafio a cada missão, me estimulou a querer resolvê-los rapidamente.**

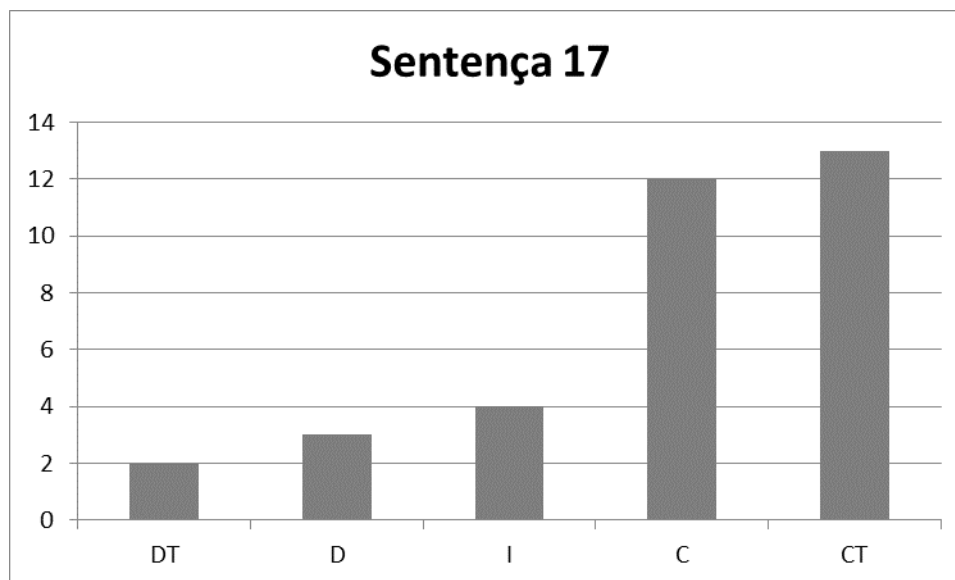


Gráfico 24: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 17

No gráfico 24, percebe-se uma gama de respostas um pouco mais heterogênea em relação aos dados obtidos para outras assertivas. Apesar de a maioria (73%) concordar com a afirmação, um número considerável de estudantes mostrou-se indiferente (12%) ou até mesmo discordou (15%). Entretanto, o conjunto de dados confirma o que Koster (2005) defende acerca do uso de desafios para estimular a aprendizagem, assim como a premissa da Teoria da Aprendizagem Significativa, a qual se refere ao desafio da aprendizagem como próprio motor para a mesma.

Outro fator comentado por todos os teóricos que defendem a *gamificação* da aprendizagem é a utilização de pontos, medalhas e prêmios por comentar uma tarefa. Como os estudantes eram recompensados individualmente por estrelas adesivas por realizarem a leitura do material e responderem às perguntas, foi-lhes pedido também que opinassem sobre essa prática adotada durante a intervenção.

### 18. As recompensas (estrelas) me motivaram a ler e responder o material.

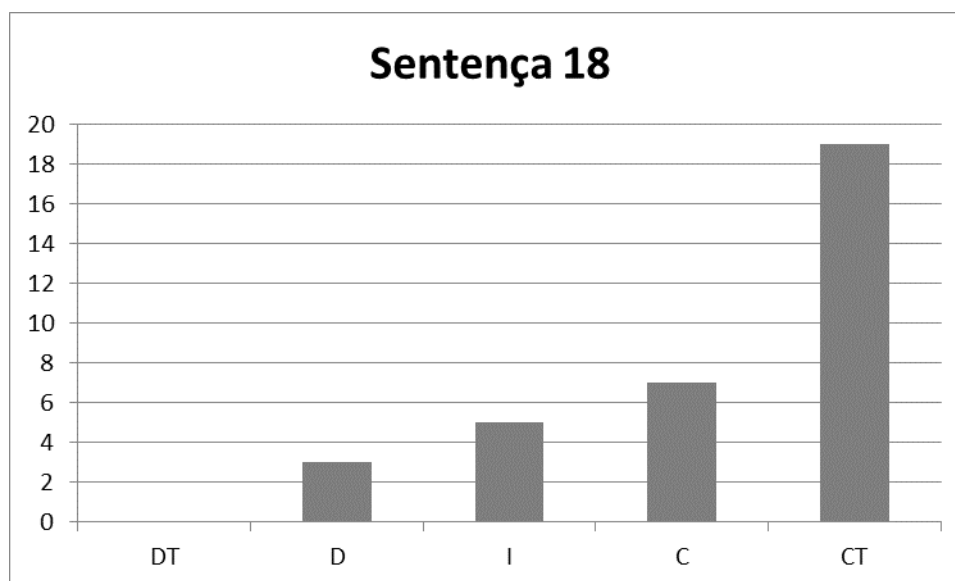


Gráfico 25: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 18

Durante as aulas já foi perceptível o gosto pelos estudantes por essa estratégia e isso foi confirmado pelo questionário. Observando-se o gráfico 25, pode-se perceber que a maioria dos estudantes que aprovaram (76%), aprovaram totalmente (55%). Esses dados levam a inferir que mesmo os reconhecimentos mais simples fazem os efeitos motivacionais relatados por Koster (2005). Esse empenho demonstrado atende, dessa forma, a uma das três condições para ocorrência de aprendizagem significativa.

Após as considerações feitas pelos estudantes acerca dos elementos de jogos inseridos na dinâmica das aulas, segue a análise feita pelos estudantes em relação à proposta como um todo, desde o interesse despertado neles pela forma como os conteúdos foram ministrados até a postura do professor.

As primeiras afirmativas para esta parte da pesquisa buscavam evidências de que as práticas adotadas durante as aulas despertaram o interesse pelos conteúdos abordados durante a intervenção e pelo componente curricular de física. Para tanto, escolheu-se fazer assertivas de mesmo conteúdo, porém elaboradas de maneiras distintas:

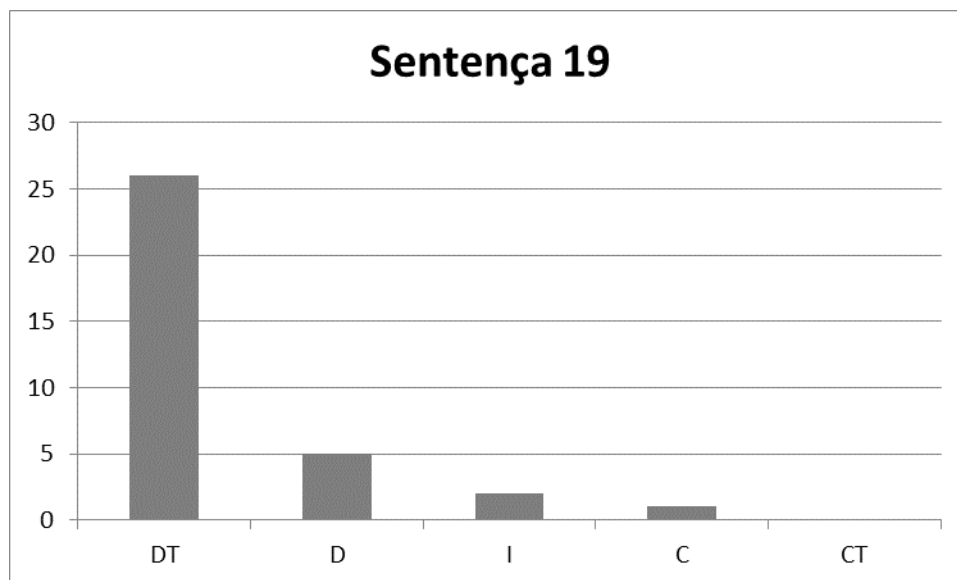
**19. As aulas não estimularam o interesse pela matéria.**

Gráfico 26: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 19

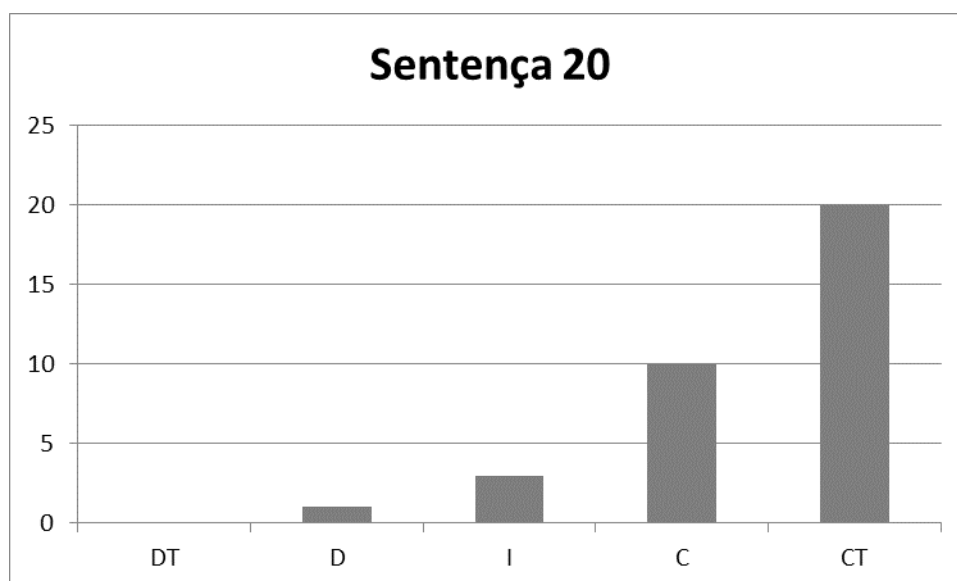
**20. Os conteúdos foram abordados de forma interessante.**

Gráfico 27: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 20

## 21. Assisti à maior parte das aulas com interesse

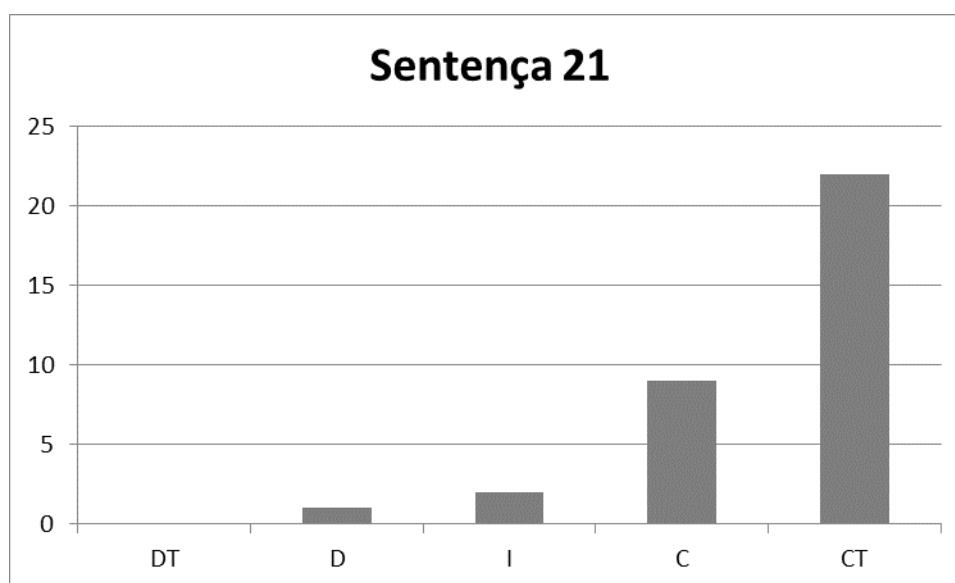


Gráfico 28: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 21

Os dados do gráfico 26 revelam que a forma como a aula foi conduzida estimulou o interesse dos estudantes pela matéria. Isso porque, quando foi dito o contrário, 76% dos estudantes discordou totalmente. Corroborando essa opinião, o gráfico 27 mostra que 88% dos estudantes que responderam ao questionário concordam que os conteúdos abordados durante a intervenção foram feitos de forma que lhes despertaram o interesse, sendo que 59% concordaram totalmente com isso.

Em relação ao comportamento dos estudantes perante às aulas, poderia ter acontecido de terem achado a abordagem interessante, mas não suficiente para manter a atenção dos mesmos durante as interações com o professor. Para que essa ocorrência fosse verificada, pediu-se a opinião dos estudantes acerca da própria postura nas aulas. Como pode ser visto no gráfico 28, 91% dos estudantes afirmou que assistiu às aulas com interesse, o que implica também em mobilizar a atenção.

Interpretando o fato sob a perspectiva ausubeliana, pode-se inferir que os estudantes estavam interessados porque para eles o que estava sendo exposto era significativo, ou seja, era possível estabelecer uma relação entre



os novos conceitos com aquilo que já sabiam. Partindo do pressuposto defendido por Koster (2005) sobre a seletividade da mente, a atenção despertada dá indícios de que a condução das aulas colaborou para que os estudantes reconhecessem a importância do conteúdo a partir de um envolvimento sem esforço.

Após a avaliação das próprias posturas, foi pedido que os estudantes avaliassem a postura do professor a partir de duas questões apresentadas em seguida. A primeira delas refere-se à percepção dos estudantes acerca do empenho do professor ao aplicar a sequência didática:

## 22. O professor se mostrou motivado durante as aulas.

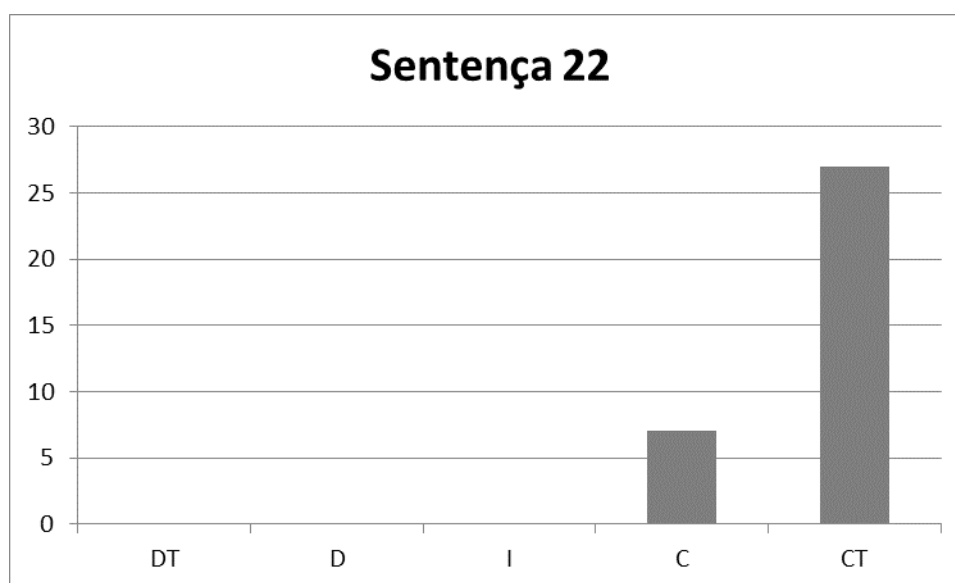


Gráfico 29: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 22

O gráfico 29 mostra os dados sobre a única assertiva em que os estudantes foram unânimes em concordar, sendo que 79% concordaram totalmente. Essa opinião demonstra que a forma como a aula foi conduzida permitiu não só gerar interesse nos discentes, mas também motivou o professor. Provavelmente, a troca entre estudantes e o docente permitiu com

que a relação professor estudante mantivesse em alta a motivação no ambiente.

Talvez o que foi suposto anteriormente tenha relação com o que Lee e Hammer (2011) argumentam sobre a forma que os elementos de jogo podem influenciar nas posturas dos envolvidos. Segundo esses autores, deixar o ambiente mais “leve” por meio de regras menos rígidas abre caminho para que os estudantes se expressem e experimentem emoções diversas. Entretanto, é necessário saber não só se o clima dentro de sala de aula foi confortável, mas também se houve preocupação do docente em procurar as melhores estratégias para ensinar os conteúdos. Para investigar o aspecto, foi feita a seguinte assertiva:

### 23. O professor foi pouco didático.

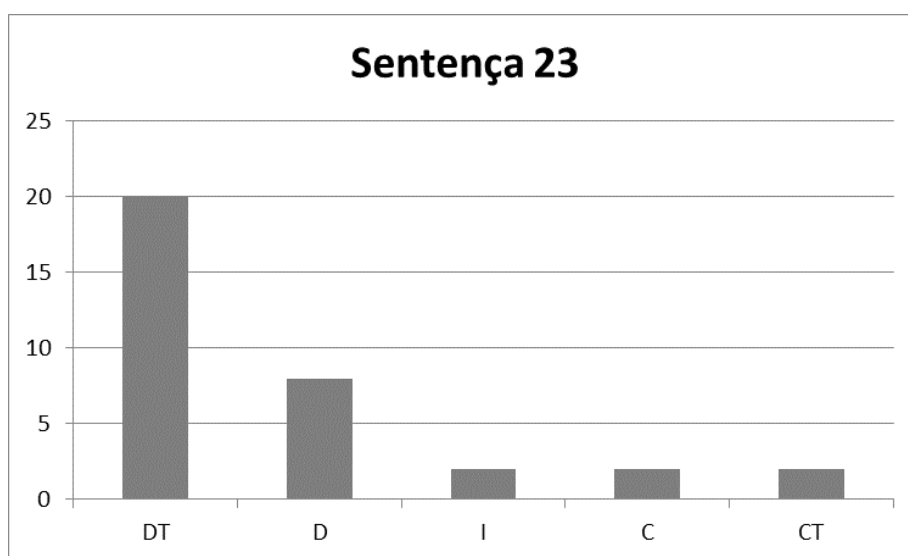


Gráfico 30: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 23

Apesar de os estudantes não saberem o significado preciso de didática, acredita-se que saibam, no geral, avaliar esse aspecto a partir de suas experiências corriqueiras nas quais essa expressão aparece. De acordo com o gráfico 23, observa-se que 82% dos estudantes consideraram que o professor conseguiu adotar boas posturas durante o momento de ensino, ou seja, que os métodos adotados para expor o conteúdo foram compreensíveis.

Em contrapartida, uma parcela mínima da amostra (11%) concordou que faltou o uso da didática pelo professor. Esse aspecto é importante a ser destacado porque mostra que alguns estudantes não confundem o bom relacionamento e motivação do professor com a eficácia dos métodos adotados por ele para ensinar. Entretanto, como a maioria discordou dessa opinião, acredita-se que a proposta feita pela pesquisa é válida quando se avalia a eficácia do método de ensino.

Independente dessa avaliação, entretanto, é certo que o que foi proposto pelo professor diverge de alguma forma do método tradicional ainda adotado por muitos professores. Por conta disso, os estudantes foram levados a comparar o método utilizado com os métodos considerados por eles tradicionais:

#### 24. Prefiro aprender no modo “tradicional”.

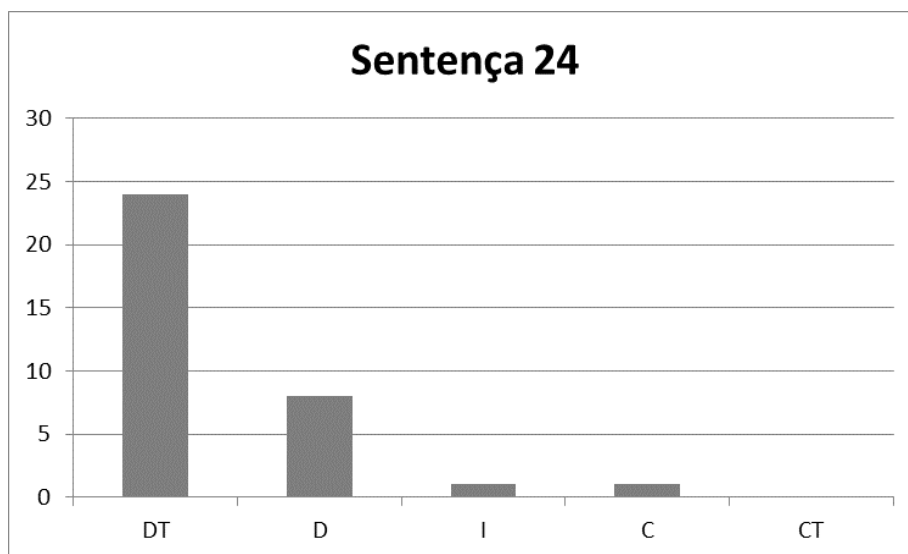


Gráfico 31: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 24

O gráfico 31 mostra que a maioria dos estudantes (94%) não prefere o modelo convencional de ensino, sendo que 70% da amostra discorda totalmente quando se fala em preferir tais métodos. Esse resultado dialoga com o que Moreira (2012) argumenta sobre a aprendizagem por recepção, visto

que, mesmo utilizando ferramentas muito parecidas com aquelas utilizadas no ensino tradicional, como livro e quadro, os estudantes não enxergaram a proposta dessa forma.

Acredita-se que tal fato tenha ocorrido porque foi considerado importante desenvolver os conhecimentos prévios dos estudantes pelo fornecimento de um organizador prévio, por exemplo, somado com a interação, sequenciamento e cuidado com a linguagem. Esses aspectos desvinculam a aprendizagem expositiva da memorização arbitrária, visto que houve exposição por parte do professor, mas também se concebeu um ambiente de interação e diálogo.

Mas finalmente, resta saber o mais importante: houve aprendizagem? Apesar de os testes de múltipla escolha terem sido avaliados, sabe-se que não são prova irrefutável de que ocorreu aprendizagem e tampouco de que essa aprendizagem foi significativa. A consciência do estudante acerca de seu processo de aprendizagem também parece um bom indicador para ser considerado e, por isso, os estudantes foram questionados sobre esse aspecto.

Apesar de algumas super ou subestimações que podem ocorrer, na faixa etária em que se encontravam os estudantes na época da pesquisa, os mesmos já possuíam consciência acerca da própria compreensão acerca do conteúdo. E, neste caso, o fato de o pós-teste ter ocorrido antes do questionário pode dar mais confiabilidade aos dados, visto que as facilidades e dificuldades encontradas para resolver as questões do mesmo já poderiam ter gerado reflexão nos estudantes acerca da compreensão do conteúdo.

## **25. Consegui entender o conteúdo.**

De acordo com o gráfico 32, 91% dos estudantes acreditaram ter entendido o conteúdo, sendo que mais da metade da turma (62%) concordou totalmente que compreendeu os conceitos ensinados. Esse número mostra que, no mínimo, a autoimagem dos estudantes parece bastante positiva com os resultados percebidos em seu aprendizado após a intervenção. Cuidou-se em colocar “no mínimo” porque os dados mostrados anteriormente destoam dos resultados dos testes.

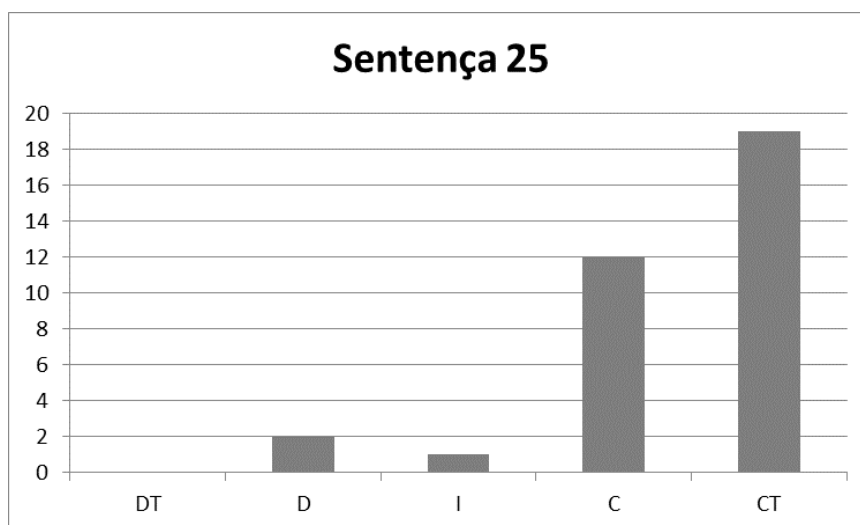


Gráfico 32: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 25

Apesar do que foi dito, isso não invalida a hipótese de realmente ter ocorrido aprendizagem significativa, haja vista que avaliar somente os dados numéricos obtidos nos testes vai contra o que prega a teoria da aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (2006), se há ocorrência de aprendizagem significativa, o aprendiz sente-se bem, o que parece mostrar o gráfico 32, e se mostra predisposto a conhecer novos conhecimentos na mesma área.

A autossatisfação dos estudantes, suposta a partir dos dados anteriores, somadas com a análise das resoluções deixadas nos rascunhos, apesar de não ser prova da ocorrência de aprendizagem significativa, de certa forma fornece bons argumentos para inferir sua ocorrência. Com uma boa possibilidade de ter ocorrido aprendizagem significativa, fica faltando, portanto, verificar um último detalhe: se os estudantes recomendariam a proposta.

A partir do gráfico 33, verifica-se que nenhum estudante discorda em recomendar a metodologia utilizada para outras turmas, sendo que 70% dos estudantes concordam totalmente com isso. Isso mostra que, mesmo com algumas discordâncias pontuais em relação a alguns aspectos, a maneira como toda a sequência didática foi montada agradou os estudantes em seu conjunto.

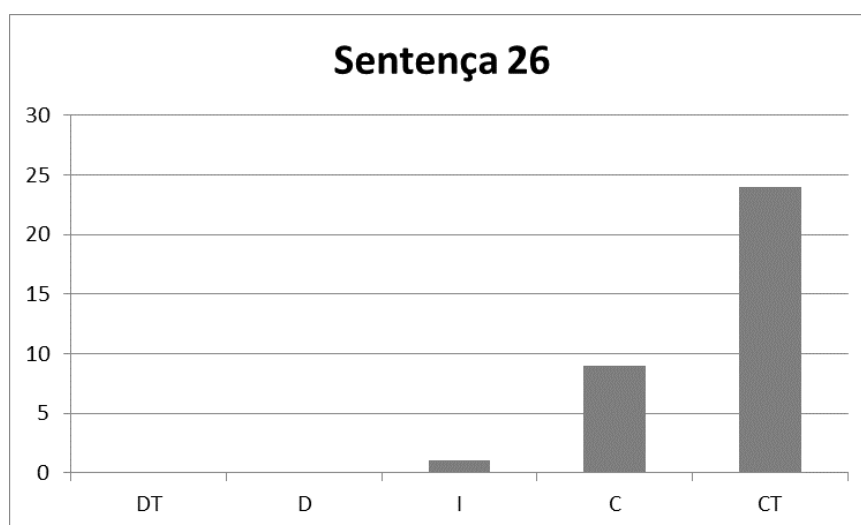
**26. Você recomendaria esta abordagem para outras turmas.**

Gráfico 33: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 26

As conclusões tiradas a partir da sentença anterior pode ser ratificadas com a última assertiva:

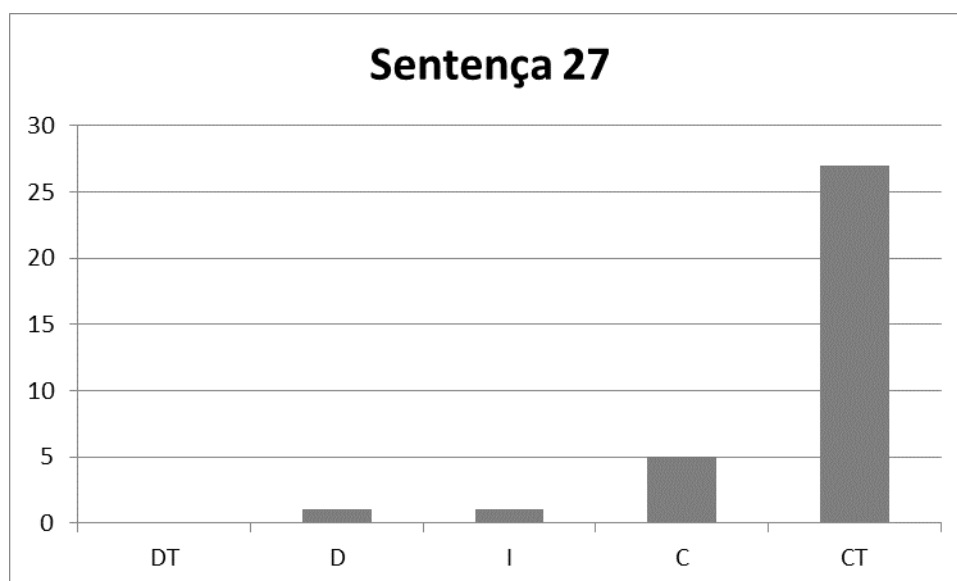
**27. Você recomendaria esta abordagem por outros professores.**

Gráfico 34: Gráfico das respostas ao questionário de opinião – sentença 27

Nesse último gráfico (34), o nível de concordância total foi ainda maior: 76% dos estudantes opinaram que recomendariam, sem dúvidas, a abordagem por outros professores. Isso mostra que os estudantes acreditam na configuração de aulas de outras disciplinas conforme a abordagem feita na aula de física, ratificando mais uma vez a validade da *gamificação* no processo de ensino e aprendizagem.

A fim de que os estudantes pudessem ter mais liberdade para destacar os aspectos positivos da proposta, foi deixado um espaço de resposta livre conduzido pelo seguinte enunciado:

**Destaque os aspectos positivos quanto à forma de o professor tentar tornar o conteúdo sobre modelagem de problemas mais interessante por meio da produção de material didático específico e pela condução diferenciada das aulas.**

Por conta da liberdade de resposta proporcionada pelas instruções do questionário, o caráter das respostas foi diverso, como já se esperava. Contudo, a multiplicidade de respostas não constituiu uma desvantagem, visto que foi possível analisar todos os aspectos relevantes relativos ao material. As respostas indicaram que os estudantes reconheceram uma proposta diferente e ficaram satisfeitos com a sua condução, visto que falaram em facilitação e despertar de interesse, como mostra os trechos abaixo:

- *“Os estudantes ficam mais interessados nas aulas, prestam mais atenção e fica mais fácil aprender o conteúdo.”*
- *“Foi interessante e divertido aprender dessa forma.”*
- *“A forma como o professor abordou o conteúdo fez com que os estudantes se interessassem em aprender a matéria.”*
- *“O professor queria tornar a compreensão dos estudantes mais fácil e menos cansativa.”*

- *“Ele se mostrou um professor bem legal, pois foi o único que fez novos jeitos de aprendizagem. Interessava em saber se os estudantes gostaram.”*
- *“Descontraído, novo. Achei mais fácil o entendimento, para compreender e estudar, mais descontraído.”*
- *“Isso incentiva o nosso interesse. É mais fácil claro de entender e a aula é mais divertida.”*
- *“Os aspectos positivos foram a forma que o conteúdo foi apresentado que me deu interesse de continuar lendo e estudando cada vez mais.”*
- *“ 1 - foi mais fácil de entender a matéria; 2 - o modo foi diferente e divertido; 3 - o professor se empenhou bastante.”*
- *“O processo desse material didático estimulou mais a aprendizagem dos estudantes e despertou mais interesse.”*
- *“Ajuda a compreender melhor a matéria. Explicação excelente.”*
- *“Explicar todos os exercícios, estabelecer missões, ensino de forma clara e de fácil entendimento.”*
- *“Os aspectos positivos foram a forma diferente de ensinar os estudantes.”*
- *“Eu acho que a forma como ele está nos ensinando está ótimo, tudo está bem.”*
- *“O conteúdo é interessante, é diferente e não é chato. As aulas ficaram divertidas.”*
- *“O professor o tempo todo motivando os estudantes, ensinou detalhadamente. Gostaria de aprender desse modo em outros materiais.”*
- *“O professor sempre foi paciente com a turma. Poderia repetir esse tipo de estudo mais vezes, gostava de divertir a turma sempre que dava.”*
- *“Achei muito interessante essa forma de ensinar, além de aprender mais rápido, achei mais fácil e sempre que precisei, ele me ajudou. Gostaria que todos os professores trabalhassem assim. Além disso, me envolvi emocionalmente na história.”*



Das falas antecedentes é possível inferir que alguns estudantes preferiram falar mais genericamente acerca da proposta, validando as intenções do educador e afirmando que ficaram motivados, de modo que a proposta poderia se repetir. Outros estudantes, entretanto, preferiram destacar aspectos mais específicos das aulas e do material como, por exemplo, a linguagem, a história e o fato de trazer fatos do cotidiano:

- *“Eu gosto dos textos que fazem parte do dia-a-dia das pessoas.”*
- *“O conteúdo ficou bem mais fácil de entender, e a forma como o material foi feito nos motivou a ler mais. A linguagem e os exemplos da vida real foram muito positivos também.”*
- *“O entendimento ficou mais fácil, porque quando o professor ia explicar, a gente já sabia do que se tratava. A aula ficava mais divertida porque apresentava situações do dia-a-dia.”*
- *“Ele tentou trazer esse conteúdo para o nosso cotidiano.”*
- *“Apostilas com histórias do cotidiano nos deixam mais atentos e com interesse de aprender. Bem didático.”*
- *“O material relaciona uma história com o conteúdo que prende a atenção, o professor é paciente, a linguagem da apostila é simples e fácil de entender.” “O fato do conteúdo vir em forma de história é mais fácil de ser aprendido e não esquecer. Os conteúdos puros e tradicionais dão a impressão de serem cansativos e que seria muita coisa para se lembrar.”*
- *“Eu gostei do jeito que o professor dá a aula. O tema das missões foram muito interessantes. Eu consegui ter o maior entendimento da matéria.”*

As opiniões expostas anteriormente mostram que os estudantes utilizam expressões as quais revelam o papel do material em facilitar a compreensão e o entendimento da matéria, mobilizar atenção e motivar a leitura e o interesse pelo conteúdo abordado. A estruturação do texto e seus aspectos linguísticos, aliados às situações cotidianas propostas nele, parece ter satisfeito os

estudantes, porém, alguns aspectos inerentes à *gamificação* também colaboraram para esse entusiasmo:

- *“As missões eram um jeito de ter mais conhecimento.”*
- *“Tornou as tarefas de casa mais dinâmicas, motiva a fazer sempre para ganhar estrelas e completar missões e ensinou de forma simples e de fácil entendimento.”*
- *“As estrelas motivavam a fazer para ser recompensado.”*
- *“As recompensas me motivaram; o fato de a resposta dos exercícios virem na página posterior.”*
- *“Foi bem fácil de entender a matéria, pois o material didático chamou minha atenção e fez com que eu criasse responsabilidade, pois se eu não fizesse prejudicaria meus colegas.”*
- *“Montar grupos para resolver as questões. As atividades chamaram a minha atenção, pois foram muito divertidas e fáceis de compreender.”*

Mais uma vez, o fator motivação aparece nos comentários dos estudantes, entretanto apontando como reflexo de elementos mais pontuais: as recompensas em forma de estrelas, a cooperação interna aos grupos e as missões. Contudo, ainda foram interessantes duas opiniões acerca dos testes aplicados. Apesar de serem elementos metodológicos da pesquisa os quais foram aplicados sem aviso prévio, foram valorizados pelos estudantes, o que não era esperado:

- *“Estes pequenos testes elaborados tornaram a aula mais interessante e com melhor compreensão do conteúdo.”*
- *“O conteúdo proposto pelo educador através dos testes ajudou muito o entendimento do conteúdo”.*
- *“Talvez sem esses testes, eu não entenderia muito a física.”*

Talvez o fato de os testes não valerem nota permitiu que os estudantes se sentissem menos pressionados e, possivelmente, encontraram na ocasião uma oportunidade para refletir sobre o que aprenderam. Fazer o teste aplicado no início novamente pode tê-los levado a questionar o nível de aprendizado que tiveram no período.

Da mesma forma como foram pedidos os aspectos positivos, quis-se também que os estudantes relatassem os negativos, os quais servem de orientação para o aperfeiçoamento da proposta didática:

**Destaque os aspectos negativos quanto à forma de o professor tentar tornar o conteúdo sobre modelagem de problemas mais interessante por meio da produção de material didático específico e pela condução diferenciada das aulas.**

Ao contrário do que aconteceu com a primeira pergunta subjetiva, alguns questionários vieram em branco para esse enunciado, enquanto a maioria escreveu opinando que não houve aspectos negativos:

- *“Não vi nenhum aspecto negativo.”*
- *“Não há nada de negativo.”*
- *“Não tem nenhum aspecto negativo.”*
- *“Acho que nenhum.”*
- *“Não existe!”*
- *“Não tenho nada a reclamar”.*
- *“Não teve ponto negativo, pois ele passava o conhecimento de uma forma detalhada e melhor de aprendizagem.”*
- *“Não encontrei pontos negativos, pois o ensino dessa forma foi um estímulo para estudar e passar a gostar de física.”*
- *“Não teve nenhum ponto negativo, na minha opinião.”*
- *“Não tenho nada a reclamar.”*
- *“Nenhum.”*
- *“Não vejo nenhum problema na tentativa.”*

- *“Para mim não há aspectos negativos.”*
- *“Não tenho nada a reclamar da matéria e da forma de ensino.”*
- *“Nenhum ponto negativo. O professor é 10.”*
- *“Na minha opinião não teve aspectos negativos.”*
- *“Não há.”*
- *“Não vi pontos negativos. Por ter achado de fácil entendimento. Só não gosto do uso de tabelas.”*

Como é possível perceber no último comentário, houve opiniões que revelam a apatia pessoal do estudante por alguns elementos inerentes ao conteúdo abordado. O uso de tabelas foi citado por mais de um estudante, sem que citassem o motivo do desgosto. Outros aspectos estruturais do material também foram reclamados:

- *“O uso de tabelas.”*
- *“Uso de tabelas.”*
- *“O conteúdo tem muitas páginas.”*
- *“Não gostei muito das respostas no verso.”*
- *“A apostila deveria ter mais explicações sobre a matéria.”*
- *“O fato do conteúdo ser apresentado em forma de história não manteve minha atenção”.*

Esses aspectos apontados servem de orientação para o aperfeiçoamento do material e, possivelmente da condução das aulas. Talvez alguns estudantes não puderam notar as funcionalidades que a construção de uma tabela proporciona, de modo que esse aspecto poderia ser repensado. Os outros aspectos revelam opiniões de uma minoria, talvez mais atenta, o que revela a necessidade de uma investigação mais minuciosa da resposta para que os estudantes pudessem justificá-las e/ou sugerirem mudanças.

As últimas opiniões destacam alguns aspectos relacionados às aulas, mais especificamente:

- *“Deveria ter mais brincadeiras envolvendo o assunto estudado, assim faria uma aula mais divertida.”*
- *“Algumas vezes as aulas eram cansativas.”*
- *“Muitas brincadeiras bestas sobre o texto.”*
- *“Acho que o que foi feito em grupo não rendeu.”*
- *“A turma fazia bagunça algumas vezes para comentar a história.”*
- *“Algumas vezes não consegui entender o conteúdo.”*

Aparentemente, os dois primeiros comentários se contradizem em algum ponto. Entretanto, é possível repensar na maneira como o espaço foi aberto para os estudantes dialogarem, o que também inclui as brincadeiras. Os últimos comentários sugerem que seria necessário determinar uma regra dentro da proposta para estabelecer os momentos certos para que cada um fale ou participe, evitando, assim, a desordem.

Tomando os resultados dessas questões abertas, juntamente com as opções assinaladas nas assertivas, percebe-se uma boa avaliação dos estudantes em relação à proposta. Alguns mostraram-se bastante pertinentes nas colocações, principalmente em relação às críticas. Tais aspectos são relevantes para aprimorar a condução das aulas e de futuros materiais, bem como para reformular os que já estão prontos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A motivação deste trabalho nasceu no descontentamento do pesquisador em relação às características dos materiais didáticos disponíveis para o ensino de física. Dessa maneira, buscou-se amparo em pesquisas anteriores para se chegar ao estudo de uma nova proposta a qual atendesse a prerrogativa de representar um material potencialmente significativo e, ao mesmo tempo, fosse motivador.

Dentro dessa perspectiva, apoiando-se na teoria de Ausubel para a aprendizagem, delimitou-se o significado de material potencialmente significativo e, na busca pelos elementos que atenderiam a essas características, encontrou-se um referencial didático que permitiu não só a formatação de um subsídio didático escrito, mas uma proposta de condução de aula diferente da tradicional.

Por ser uma abordagem totalmente emergente, como visto nos textos citados, trabalhar com essa proposta representou um risco o qual, já se sabe, valeu a pena correr. É possível dizer isso porque almejava-se contribuir com uma proposição a qual permitisse a professores que se encontrem inseridos em uma problemática similar à apresentada pudessem vislumbrar mais uma alternativa. Nesse sentido, para verificar a validade do que estava sendo proposto, alguns procedimentos metodológicos foram utilizados.

Após a análise de dados coletados a partir dos testes, nos quais foi possível analisar algumas resoluções dos estudantes em função dos vestígios deixados nos rascunhos, foi possível inferir um maior crescimento conceitual do grupo submetido à intervenção, principalmente no que diz respeito às estratégias utilizadas para resolver problemas. A observação mais atenciosa desses dados permitiu verificar algumas características que sinalizam uma possível aprendizagem significativa, a qual, obviamente, não pode ser garantida.

Em relação às percepções dos estudantes acerca da proposta, os questionários de opinião indicam que a proposta foi bem aceita pelos estudantes, os quais sentiram-se motivados e acreditaram ter tido uma

compreensão maior acerca dos conceitos do livro por conta do formato com que foi concebida a sequência didática. Destaca-se dessa parte a opinião dos estudantes acerca da capacidade que sentiram em ler e entender os textos de forma autônoma e também a expressão dos mesmos quando concordaram que gostariam de repetir a metodologia em outras aulas.

Tais dados, citados anteriormente, revelam não uma melhor técnica de uso ou um método que promova uma aprendizagem significativa, mas uma alternativa possível para se trabalhar a modelagem matemática de problemas e outros conteúdos, os quais podem seguir a mesma essência. Isso se mostra importante para aqueles que se inquietam em relação às questões do ensino de física, visto que já é consenso na literatura de que a probabilidade de aprendizagem pelos estudantes é aumentada de forma significativa quando experiências diversas de ensino e aprendizagem são fornecidas aos estudantes.

Dessa maneira, a pergunta geradora da pesquisa, “Um material instrucional construído com base na mecânica dos jogos pode promover uma experiência de aprendizagem capaz de possibilitar um acesso autônomo, motivador e eficaz aos procedimentos utilizados para modelar matematicamente um problema de física?”, pode ser respondida da seguinte maneira: não representa uma receita de bolo a ser seguida, entretanto indica um modelo que permite ao professor manipular os elementos dos jogos de acordo com a sua criatividade e pode vir a promover o protagonismo e o envolvimento discente.

Acredita-se que este trabalho possa contribuir para a área de Ensino de Ciências e da Física, em especial, à medida que propõe novas experiências didáticas para a sala de aula e provoca os professores a buscarem temas dentro do cotidiano de seus estudantes a fim de elaborar aulas mais dinâmicas e que permitam uma real compreensão dos conteúdos ensinados.

Assim, retomando todas as disposições preliminares expressas no início deste trabalho, é possível dizer finalmente que a execução de todas as etapas da pesquisa permitiu uma interação entre o pesquisador e os sujeitos de estudo, de modo que o retorno fornecido por eles viabilizou uma ação reflexiva a respeito do compromisso com o ato de ensinar.

Dessa forma, o objetivo de fornecer um material de apoio, bem como uma sequência didática, foi atingido. Entretanto, mais do que o fornecimento de uma ferramenta metodológica, compartilhou-se também uma experiência que, se considerada juntamente ao referencial teórico escolhido para interpretá-la, pode representar um meio de reflexão acerca da prática docente.



## BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; BRITO, Dirceu dos Santos. Atividades de modelagem matemática: que sentido os estudantes podem lhe atribuir?. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 3, p.483-498, 2005.

ANDRADE, Jefferson O.; CANESE, Marta. Um sistema web gamificado para a aprendizagem de lógica formal. In: II CBIE, 2013, São José. **Anais**. Itajaí: Univali, 2013.

ARAUJO, I.S.; VEIT, E. A. Uma revisão de literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.4, n.3, p. 5-18, 2004.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Paralelo: Lisboa, 2000.

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. **Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Estudantes Ingressantes em um Curso de Engenharia**, Rev. Bras. Ens. Fís., 24(3), p. 324-341, 2002.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.10-14, 2008.

BRASIL, **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias** (Ministério da Educação, Brasília, 2002).

BRASIL, **Guia de Livros Didáticos – PNLD 2012: Física** (Ministério da Educação, Brasília, 2012).

BROCKINGTON, Guilherme. **Neurociência e Educação**: investigando o papel da emoção na aquisição e uso do conhecimento científico. 2011. 202 f. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, 2011.

CAMPOS, C. R. **O ensino da Matemática e da Física numa perspectiva integracionista**. São Paulo: PUC, 2000. 140 p. Dissertação de Mestrado.

CAMPOS, Luís da Silva; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. Modelagem matemática de fenômenos físicos envolvendo grandezas proporcionais e funções do primeiro grau, através de atividades experimentais. In: Ebrapem, 2008, São Paulo. **Resumos**. São Paulo: UNESP, 2008.

CARVALHO JUNIOR, J. C. N. **Física e Matemática – Uma abordagem construcionista: ensino e aprendizagem de Cinemática e Funções com auxílio do computador**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP, 2008.

COIMBRA, Sandra Gonçalves. **A formação de uma cultura científica no Ensino Médio**: O papel do livro didático em física. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

DAROIT, Luciane; HAETINGER, Claus; DULLIUS, Maria Madalena. O ensino de fenômenos físicos através da modelagem matemática. In: EGEM, 2009, Ijuí. **Relato de experiência**. Lageado: UNIVATES, 2009.

FÁVERO, Maria Helena; SOUSA, Célia Maria Soares Gomes de. A resolução de problemas em física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Brasília, n.2, p.143-196, 2003.

FARDO, Marcelo Luís. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, Caxias do Sul, v. 11, n. 1, p.1-8, jul. 2011.

FARDO, Marcelo Luís. **Resenha do livro *The Gamification of Learning and Instruction***. Conjectura: Filos. Educ., Caxias do Sul, v. 18, n. 1, p. 201-206, jan./abr. 2013.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha; CASTRO, Fernando Santos Castro. Ambiente de ensino de química orgânica baseado em gamificação. In: II CBIE, 2013, São José. **Anais**. Itajaí: Univali, 2013.

FEYNMAN, Richards Phillips. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!**: as aventuras de um físico excêntrico. Rio de Janeiro: Campus, 2006. 343p.

FRANK J.E., TOMAZ, C.A. Enhancement of declarative memory associated with emotional content in a Brazilian sample. **Brazilian Journal of Medical e Biological Research**, 33, 1483-1489, 2000.

GARCIA, Tania Maria Braga; SILVA, Éder Francisco da. Livro didático de física: o ponto de vista de estudantes do ensino médio. In: IX EDUCERE, 2009, Curitiba. **Anais**. Curitiba: PUC-PR, 2009. p. 8595 - 8606.

GOMES, Andréia Patrícia *et al.* Ensino de ciências: dialogando com David Ausubel. **Revista Ciência e Ideias**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.23-31, 2009.

HOSOUME, Yassuko *et al.* O uso do livro didático no desenvolvimento da disciplina física no ensino médio. In: SNEF, 18., 2007, São Luiz. **Anais**. Belo Horizonte: PUCMinas, 2007. p. 1 - 10.

KAPP, Karl. **The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education**. Pfeiffer, 2012.

KOSTER, Ralph. **Theory of fun for game design**. USA: Paraglyph, 2005.

LARA, A. E. SOUSA. C.M.S.G. O processo de construção e de uso de um material potencialmente significativo visando a aprendizagem significativa em tópicos de colisões: apresentações de slides e um ambiente virtual de aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.4, 2009, p.61-82.

LAVILLE, Christian; DIONE, Jean. **A construção do saber: Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 340 p. Adaptação da obra de Lana Mara Siman.

LEE, Joey; J. HAMMER, Jessica. **Gamification in Education: What, How, Why Bother?** Academic Exchange Quarterly. 2011.

LIMA, Felipe Diego Araújo. **As disciplinas de física na concepção dos estudantes do Ensino Médio na rede pública de Fortaleza/CE**. 2011. 36 f. Dissertação (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, UEC, Fortaleza, 2011.

LOPES, Janice P.; ANGOTTI, José A. P.; MORETTI, Mérciles T. **Função afim e conceitos unificadores: o ensino de matemática e física numa perspectiva conceitual e unificadora**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2003, Bauru. Florianópolis: ABRAPEC, 2003. p. 1 - 11.

LOZADA, Cláudia de Oliveira et al. A modelagem matemática aplicada ao ensino de física no Ensino Médio. **Logos**, Rio de Janeiro, n. 14, p.2-11, 2006.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar: estudos e proposições**. 18ª edição. São Paulo: Cortez, 2006.

LUZ, Aline Rossetto da; LEAL, Lins Welinton Garcia. As concepções sobre física dos estudantes do Ensino Médio. In: SNEF, 18. 2007, São Luís. **Resumos**. São Paulo: SBF, 2007. p. 1 - 10.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 2, p.147-157, 2003.

MOITA, Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro et al. Angry Birds como contexto digital educativo para ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos: relato de um projeto. In: XII SBGames, 2013, São Paulo. **Proceedings**. São Paulo: SBC, 2013. p. 121 - 127.

MORAES, José Uibson Pereira. A visão dos estudantes sobre o ensino de física: um estudo de caso. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 5, n. 11, p.1-7, 2009.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195p.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In* Moreira, M.A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España: 1997. p. 19-44.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica**. Conferência de encerramento do Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 5., 2006, Madrid. Porto Alegre: UFRGS, [2007?]. 15 p.

\_\_\_\_\_. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**: Teoria da aprendizagem significativa. Porto Alegre: UFRGS, 2009a. 17 p.

\_\_\_\_\_. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**: Comportamentalismo, construtivismo e humanismo. Porto Alegre: UFRGS, 2009b. 64 p.

\_\_\_\_\_. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, 2008, pp. 23-30.

\_\_\_\_\_. **Unidade de ensino potencialmente significativa**. Porto Alegre: UFRGS, 2011. 22 p.

\_\_\_\_\_. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 27 p.

NUNES, Cesar A. A.; CAMPOS, Flávio A.; PORTELA, Sebastião I. Produção de módulos de física no projeto "Red Internacional Virtual de Educación". **Publicação do Grupo Rived - Brasil**, [s.i.], p.1-10.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, p.1-12, 2003.

OLIVEIRA, Wilker Dias. **Uma proposta de plano de curso para conteúdos de Física em Nível Médio, através do trabalho articulado entre professores de Física e de Matemática, em situação de coordenação pedagógica, visando a Aprendizagem Significativa**. 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 19, n°1, p. 93-114. (2002).

PIMENTEL, Erizaldo Cavalcanti Borges. **A física nos brinquedos: o brinquedo como recurso instrucional no ensino da terceira lei de Newton**. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PORTILHO, Evelise. **Como se aprende?** Estratégias, Estilo e Metacognição. 2. ed. Rio de Janeiro: WAK, 2011. 164 p.

RICARDO, Elio C.; FREIRE, Janaína C.A.. A concepção dos estudantes sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2007 .

SILVA, Cristiano Pereira da. **GRANDEZAS, FUNÇÕES E ESCALAS - UMA RELAÇÃO ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA**. 2013. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SIMÕES, J.; REDONDO, R. D.; VILAS, A. F. **A social gamification framework for a K-6 learning platform**. **Computers in Human Behavior**, 2012.

SHELDON, Lee. **The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game**. Boston,MA: Cengage Learning, 2012.

SOUZA, Ednilson Sérgio Ramalho; ESPÍRITO SANTO, Adilson Oliveira. A modelagem matemática como metodologia para o ensino-aprendizagem de física. In: IV EPAEM, 2008, Belém. **Anais**. Belém: UEPA, 2008. p. 1 - 11.

SOUZA, Ednilson Sérgio Ramalho. **Modelagem matemática no ensino-aprendizagem de física**: tópicos de mecânica. Belém: UFPA, 2009.

\_\_\_\_\_. Uma experiência com modelagem matemática para a abordagem de conceitos de física. **Acta Science**, Canoas: ULBRA, v.14, n.2, p.309-325, 2012.

TUNES, Elizabeth; TACCA, Maria Carmen Villela Rosa; MARTÍNEZ, Albertina Mitjáns. Uma crítica às teorias clássicas da aprendizagem e à sua expressão no campo educativo. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 2, p.109-130, 2006.

VIEIRA, Edimara Fernandes; CAMARGO, Sérgio. Livro didático no ensino de física: desafios e potencialidades. In: XI EDUCERE, 2013, Curitiba. **Anais**. Curitiba: PUC-PR. 2013. p. 6387 - 6404.

ZUFFI, E. M.; PACCA, J. L. A. O Conceito de função e sua linguagem para os professores de Matemática e de Ciências. **Ciência e Educação (UNESP)**, Bauru, SP, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2002.

## ANEXOS

## Anexo 1. Testes

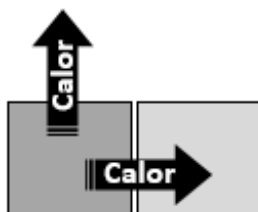
## ENSINO FUNDAMENTAL – FÍSICA – 9º ANO – PROF. THIAGO

ESTUDANTE:

TURMA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## Questão 1

Quando dois corpos com diferentes temperaturas são encostados, o de maior temperatura cede energia na forma de calor para o mais frio até que igualem suas temperaturas. Estabelece-se o que chamamos de equilíbrio térmico. Geralmente, nesse processo de transferência de calor, o calor fornecido pelo mais quente, não vai todo para o mais frio: uma parte sai para o ambiente, como mostrado na imagem a seguir.



I - Suponha que sejam encostados dois corpos, chamados de B e C, sendo B com uma temperatura maior do que C. Considere que:

-  $C_B$  é a quantidade de calor total liberada pelo corpo B.

-  $C_C$  é a quantidade de calor recebida pelo corpo C.

-  $C_A$  é a quantidade de calor que o ambiente recebeu.

Dessa maneira, marque a função que descreve corretamente a relação entre  $C_A$ ,  $C_B$  e  $C_C$ .

- A.  $C_C = C_A + C_B$
- B.  $C_A = C_B + C_C$
- C.  $C_B = C_A - C_C$
- D.  $C_B = C_A + C_C$
- E.  $C_A = C_B \cdot C_C$

II – A função encontrada anteriormente é genérica e serve para qualquer situação. Porém, para determinado experimento, o valor de  $C_A$  será fixado em 10 unidades de calor. De acordo com essa situação específica, qual das tabelas abaixo melhor representa a relação entre  $C_B$  e  $C_C$ , em unidades de calor?

A.

$C_B$	10	30	50
$C_C$	0	20	40

B.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	0	20	40

C.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	30	50

D.

$C_B$	10	30	50
$C_C$	10	30	50

E.

$C_B$	0	20	40
$C_C$	10	10	10

## Questão 2

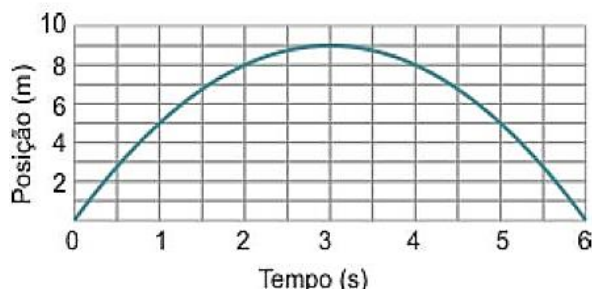
(UNITAU-SP) Um automóvel percorre uma estrada com função horária  $x = -40 + 80t$ , onde  $x$  é dado em km e  $t$  em horas. O automóvel passa pelo km zero após:

- A. 1,0 h
- B. 1,5 h
- C. 0,5 h
- D. 2,0 h
- E. 2,5 h

### Questão 3

(FUVEST – adaptada)

Uma pedra é atirada verticalmente para cima da superfície de um planeta de um sistema solar distante. O gráfico representa a posição **P** da pedra acima do solo, em função do tempo **t** decorrido desde que ela foi atirada:



A função representada pelo gráfico pode ser expressa pela sentença:

- A.  $P = 6.t$
- B.  $P = -1.t^2 + 6t$
- C.  $P = t^2 + 6t$
- D.  $P = t^2 - 6t$
- E.  $P = t$

### Questão 4

(FEI-SP) A posição **p** de um ponto varia no tempo conforme a tabela:

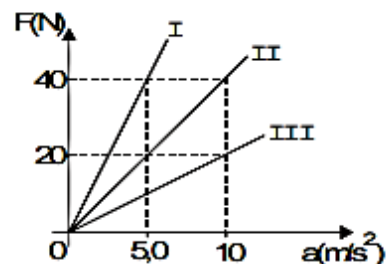
p(m)	25	21	17	13	9	5
t(s)	0	1	2	3	4	5

A função horária desse movimento é

- A.  $p = 4 - 25 t$
- B.  $p = 25 - 4t$
- C.  $p = 25 + 4t$
- D.  $p = -4 + 25t$
- E.  $p = -25 - 4t$

### Questão 5

(ESPM-SP, adaptada) Construiu-se o gráfico do módulo da força resultante em função da aceleração que o corpo I adquire. Repetiu-se o procedimento para os corpos II e III. Os resultados estão apresentados no gráfico abaixo.



I - Sabe-se que a função que relaciona a aceleração adquirida por um corpo a partir da aplicação de uma determinada força é

$$F = m.a$$

onde **F** é a força em N, **a** é a aceleração em  $m/s^2$  e **m** é a massa em kg. Dessa maneira, as massas dos corpos I, II e III são, em kg, respectivamente:

- A. 2; 4 e 8
- B. 4; 8 e 16
- C. 8; 4 e 2
- D. 16; 8 e 4
- E. 20; 40 e 20

II – A partir do gráfico, é possível dizer que, para o corpo I, uma força de 40 N produz uma aceleração, em  $m/s^2$ , igual a:

- A. 0
- B. 5
- C. 10
- D. 20
- E. 40

## Anexo 2. Questionário de opinião

<b>QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO</b>  Universidade de Brasília PPGEC – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Responsável: Thiago Machado da Costa Orientadora: Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Maria da Silva de Fátima Verdeaux  *Para cada afirmativa, assinalar a que se aproxima da sua percepção a respeito de cada afirmativa.	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
O conteúdo apresentado em forma de história, com um enredo, manteve minha atenção por mais tempo e me motivou a continuar a leitura.					
A linguagem com que o texto foi escrito tornou a compreensão do conteúdo mais fácil.					
As situações apresentadas se aproximam da realidade concreta, o que torna o conteúdo mais palpável.					
A leitura da narração de uma história, ao invés de um conteúdo puro, cansa menos.					
A quantidade de páginas me fez desanimar durante a leitura do material.					
Entendi o conteúdo do material sem precisar de ajuda de outras pessoas.					
A presença da história volta a atenção toda para ela, prejudicando a compreensão dos conceitos tratados pelo material					
É possível ler e compreender o conteúdo do material sem ajuda de adultos.					
A disposição do texto e das imagens colaboraram para um design que motiva a leitura do texto.					
O fato de a resposta dos exercícios virem na página posterior motiva a continuidade da leitura.					
O uso de diálogos e de setas que explicavam alguns detalhes permitiu que o conteúdo fosse entendido de forma mais clara.					
Saber que teria que resolver um desafio a cada missão, me estimulou a quere resolvê-los rapidamente.					
A formação de grupos proporcionou um maior empenho em ler e responder o material proposto.					
A leitura prévia do material facilitou o entendimento da aula dada pelo professor.					
As recompensas (estrelas) me motivaram a ler e responder o material.					
O professor foi pouco didático.					
O professor se mostrou motivado durante as aulas.					
As aulas não estimularam o interesse pela matéria					
É possível estudar usando apenas esse material.					
Os conteúdos foram abordados de forma interessante.					
Você recomendaria esta abordagem para outras turmas.					
O conteúdo tem relação com o cotidiano					
Assisti a maior parte das aulas com interesse					
Prefiro aprender no modo “tradicional”.					
Consegui entender o conteúdo.					
Você recomendaria esta abordagem por outros professores.					
Prefiro materiais didáticos mais “tradicionalis”					
Gostaria de ter mais materiais escritos dessa maneira.					

Destaque aspectos positivos quanto à forma do professor de tentar tornar o conteúdo sobre modelagem de problemas interessante, através da produção de material didático específico condução das aulas.

---



---



---

Destaque aspectos negativos quanto à forma do professor de tentar tornar o conteúdo sobre modelagem de problemas interessante, através da produção de material didático específico condução das aulas.

---



---



---



Anexo 3. Modelo de quadro de missões



<b>Grupo</b>	<b>Missão 1</b>	<b>Missão 2</b>	<b>Missão 3</b>	<b>Missão 4</b>	<b>Final</b>
<b>Grupo 1</b>	★	★	★	★	<b>1º</b>
<b>Grupo 2</b>	★	★		★	<b>5º</b>
<b>Grupo 3</b>	★	★	★	★	<b>1º</b>
<b>Grupo 4</b>	★	★	★	★	<b>1º</b>
<b>Grupo 5</b>	★	★			<b>7º</b>
<b>Grupo 6</b>	★		★	★	<b>5º</b>
<b>Grupo 7</b>	★	★	★	★	<b>1º</b>

## Anexo 4. Material produzido

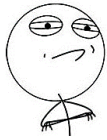
### 1. Métodos e modelos em ciência



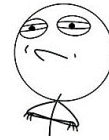
Fonte: Blog do Prof. Alan Toribio

#### Como comunicar a ciência?

Para o desenvolvimento de teorias, a ciência moderna adota **métodos** de investigação científica visando à construção de **modelos** explicativos para os fenômenos observados e também para delinear novos projetos. Nesses procedimentos, a **matemática** e a **experimentação** assumem um papel importante, visto que, de acordo com o método científico moderno, afirmações acerca da natureza que puderem ser submetidas a testes experimentais e/ou formuladas em termos matemáticos são potenciais candidatas a leis científicas. Porém, a formulação de leis também deve ter o aval da comunidade científica e, para isso, as ideias devem ser comunicadas por meio de uma linguagem universal.



## Missão 1: Perdoe-me o atraso!



Léo chega da faculdade, olha para o relógio e... já são oito horas! Ele sabia que Juliana não ia esperá-lo se ele chegasse atrasado novamente. O estudante tinha que estar do outro lado da cidade em meia hora, ou as coisas iam ficar feias...



Leonardo sabia o que ia acontecer porque já havia experimentado essa situação outras vezes! Essa era, infelizmente, a ordem das coisas...

Leonardo sabia, por experiência, que não era possível chegar até a casa de Juliana sem afundar bem o pé no acelerador, mas também sabia exatamente qual seria a atitude da namorada se isso não acontecesse.



## Pegue o Lápis

Escreva tudo o que pode afetar o período de tempo que Leonardo vai levar desde a hora que chegou em casa até encontrar a namorada.

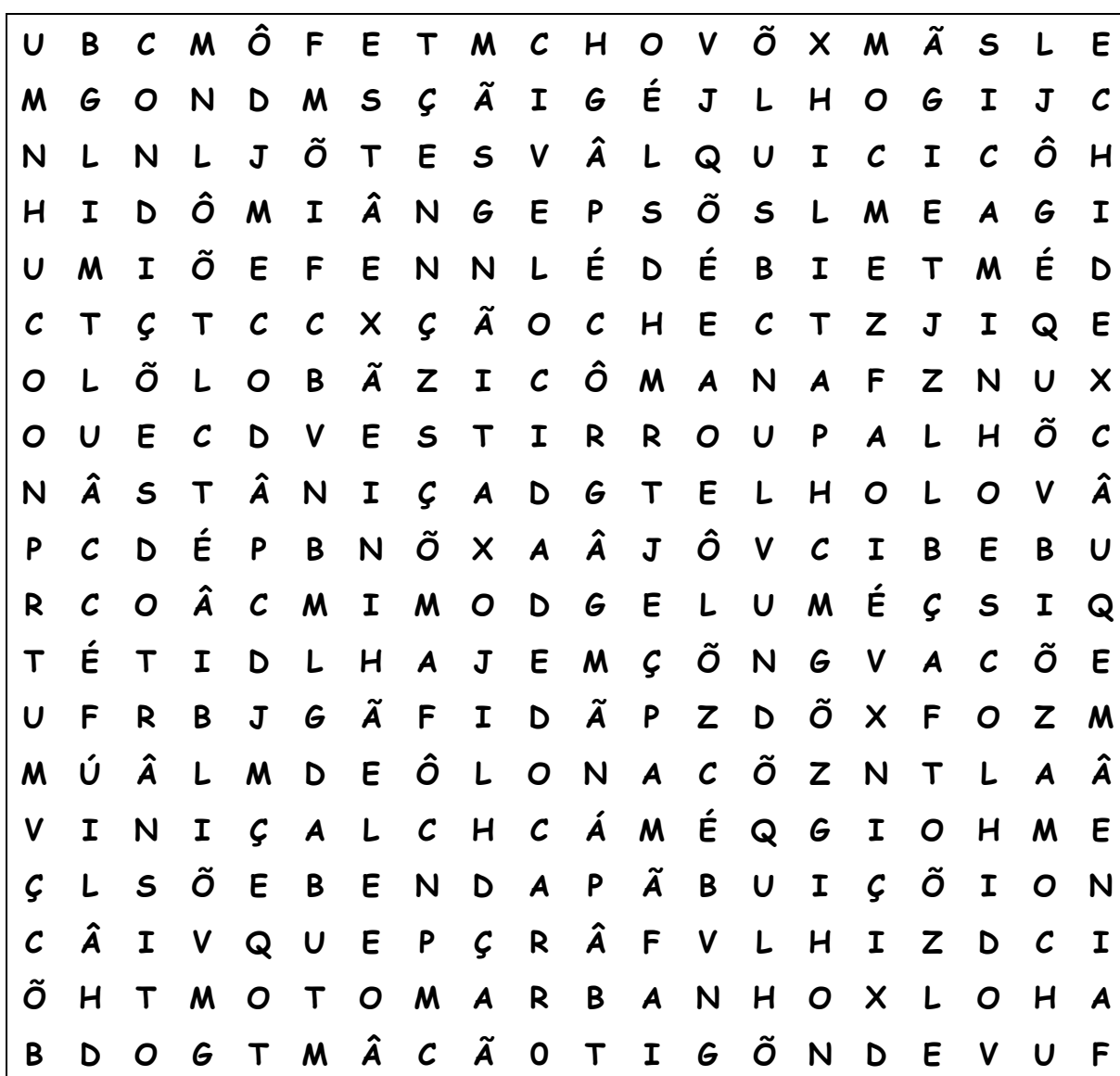
Tomar banho.....

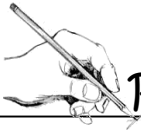
.....

.....

# Caça-Motivos

Alguns dos motivos que podem influenciar no tempo que Léo demora até chegar à casa de Juliana estão escondidos no emaranhado de letras abaixo, ou na horizontal, ou na vertical. Você precisa encontrar cinco expressões para conferir as hipóteses que você levantou na página anterior.





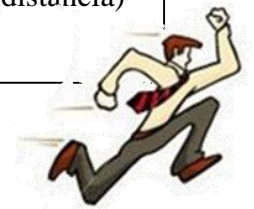
## Pegue o Lápis – Sugestão para Resolver

Algumas coisas que podem influenciar no tempo de Leonardo:

- Tomar Banho
- Vestir roupa
- Condições do trânsito
- Velocidade do carro de Leonardo
- Caminho escolhido para ir até a casa de Juliana (distância)

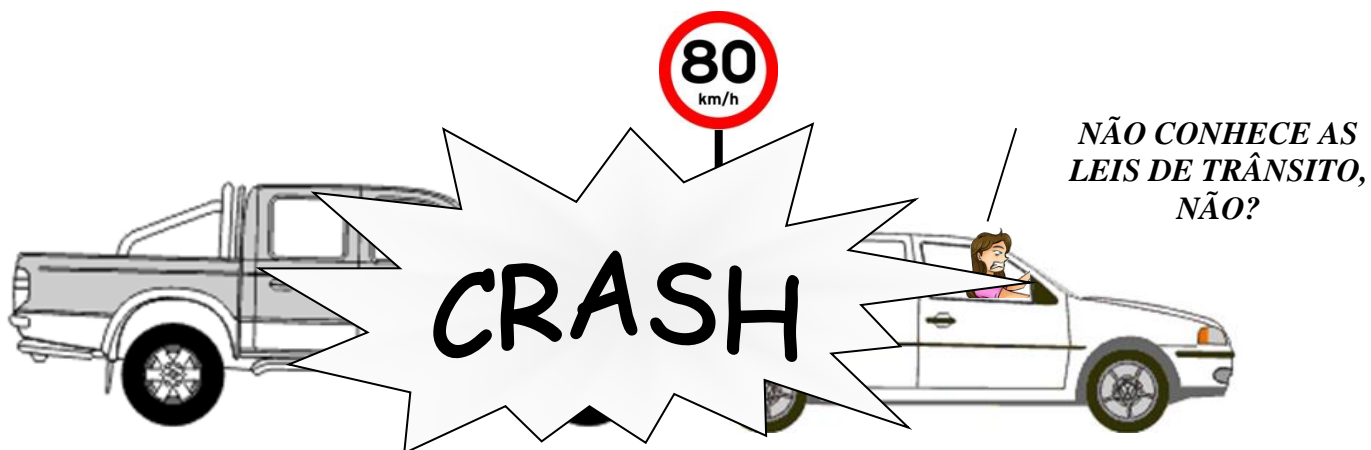
Estes afetam o período de tempo para que Léo se desloque.

Estes dois aspectos tem a ver com o tempo que Léo demora se arrumando.



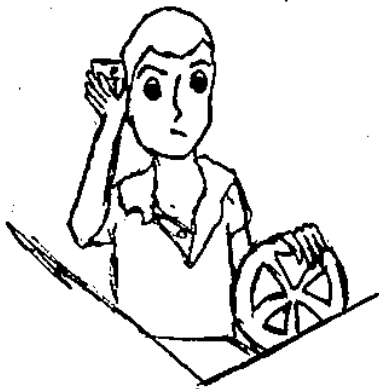
## A Lei de Murphy prevê o imprevisível

Às vezes é possível fazer uma previsão de tempo para se chegar a algum lugar, já sabemos por experiência, pois experimentamos por várias vezes as situações que nos atrasam. Todavia, de vez em quando algumas coisas aparecem no meio do caminho para atrapalhar. Principalmente quando precisamos de tempo!



Se alguma coisa pode dar errado, dará. E mais, dará errado da pior maneira, no pior momento e de modo que cause o maior dano possível. Esse é o pressuposto maior da Lei de Murphy, que parece ser uma lei da natureza dada a sua regular ocorrência. Podemos brincar dizendo que a primeira condição para se tornar uma lei, esse enunciado já tem: pode ser observado, pois há experiências que comprovem a sua existência e todos já a puderam estudá-la em diversas situações e com detalhes. Falta só achar uma formulação matemática que o explique.

## Fazer previsões ajuda a driblar a Lei de Murphy



**Léo:** Fala Roger, beleza?

**Roger:** E aí, Léo! Como vai?

**Léo:** Mais ou menos...

**Roger:** Ué? Que foi?

**Léo:** Lei de Murphy! Estava atrasado para buscar a Ju e acabei batendo o carro.

**Roger:** Lei de Murphy mesmo! Que azar, cara!

**Léo:** Tem como você vir me ajudar?

**Roger:** Relaxa aí que eu estou chegando.

...

A experimentação e a matemática são os principais ingredientes que separam a mitologia da ciência moderna. Um enunciado acerca da natureza que pode ser submetido a testes experimentais e formulado em termos matemáticos é um sério candidato a ser uma lei da física.

**Léo:** De vez em quando eu acho que esse negócio de tudo dar errado da pior maneira é uma lei da física.

**Roger:** Que nada! Para ser uma lei da natureza precisa ser investigada por um processo chamado experimentação e também tem que ser escrita na linguagem matemática. É assim que o universo se manifesta e não por meio de mitos inventados pelas pessoas. Ou você ainda vive na era medieval?

**Léo:** Tá bom nerdzão, o que você me sugere agora?

**Roger:** Em relação ao seu carro batido ou em relação a sua namorada furiosa por conta de mais um atraso?

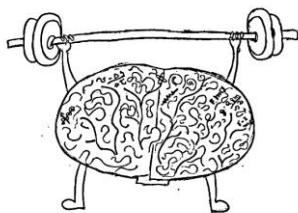
**Léo:** Se você tiver as duas soluções, manda ver!

**Roger:** Quanto ao carro, está aqui o telefone do guincho e... Quanto à Ju, porque você não tenta driblar a lei de Murphy modelando uma Lei anti-atrasos?

**Léo:** Ah vá! Que tal você parar de me zoar?

**Roger:** Eu estou falando sério! Se você fizer isso, poderá ter previsões e planejar melhor o seu tempo.

Mesmo sendo evidente que a Lei de Murphy se aproxima muito mais dos mitos antigos para explicar as ordens do universo do que das teorias da ciência moderna, é possível fazer uma analogia para entendermos o moderno método científico.



### PENSANDO...

Seria possível escrever a Lei de Murphy matematicamente?

Se para obter uma lei física é preciso validar o fenômeno que ela rege de forma experimental e matemática, temos um procedimento de investigação. E é esse método que separa os mitos da ciência. Nos primeiros, faltam os dois ingredientes poderiam validá-los como leis, visto que sua formulação não depende de uma análise minuciosa, detalhada e repetida por algumas vezes, como acontece em um laboratório, muito menos podem ser formulados na linguagem matemática.

## Próximo capítulo...

E Juliana está cada vez mais brava...

Algo inesperado acontecer e Roger precisa usar letras para escrever uma expressão que calcula o tempo que Léo leva para chegar à casa de Juliana.

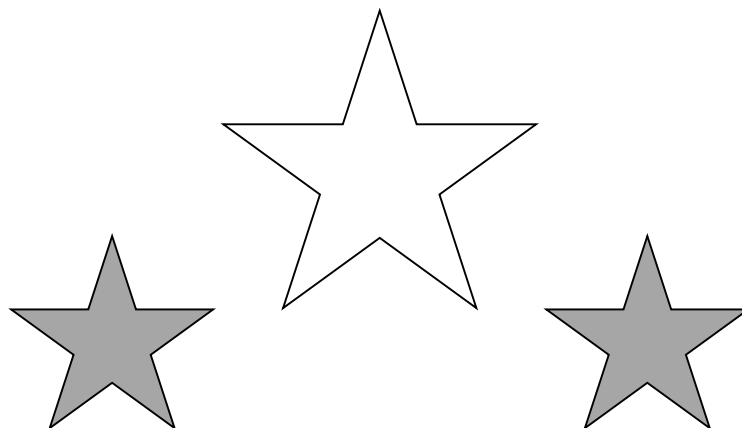


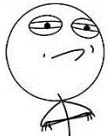
## Mas antes...

Achou que ia ficar livre?

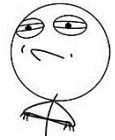
De que maneira você poderia usar sinais matemáticos para relacionar o tempo total que Léo demora para ir até a casa de Ju com os tempos para se arrumar e para se deslocar?

**Missão 1:  
Completa!**





## Missão 2: Modelo para driblar os atrasos

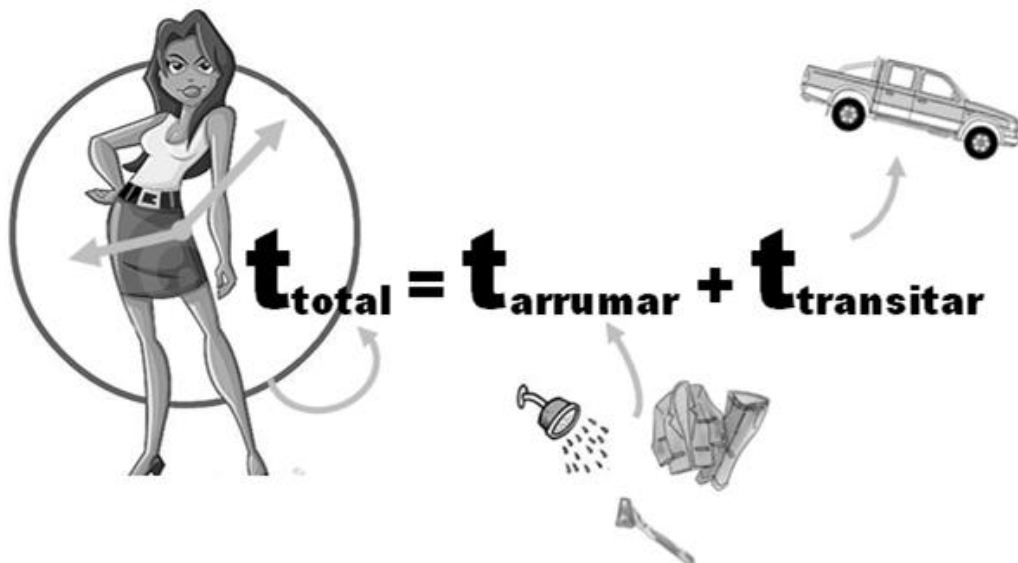


A matemática é a linguagem universal da ciência porque é formada a partir de regras claras e bem definidas. Por conta disso, o seu uso permite prever alguns comportamentos da natureza por meio dos modelos matemáticos. A **modelização matemática** é a tradução de um fenômeno em forma de expressões matemáticas que vão interpretar a realidade de uma forma simplificada. Bem, podemos partir então para a lei anti-atrasos de Leonardo.

*O tempo total gasto por Leonardo até encontrar Juliana é igual ao tempo que ele demora a se arrumar, mais o tempo gasto no caminho para o local onde se encontra a moça.*

Ah, não! Vou ter que escrever isso tudo toda vez que for resolver um problema??? Isto não é redação!

São algumas linhas para expressar a situação que estamos modelando e é difícil saber o que está acontecendo sem fazer a leitura de tudo. Por isso, na física usamos expressões para descrever como o mundo funciona:





Você pode usar uma **letra** e um **subscrito** para representar cada tempo:

Use a letra "t" para representar um tempo e os subscritos para indicar que tempo é esse.

- $t_{total}$**  para o tempo total desde que Léo chega em casa até encontrar Juliana
- $t_{arrumar}$**  para o tempo que Léo demora a se arrumar
- $t_{transitar}$**  para o tempo gasto circulando

Quando expressamos uma relação entre duas quantidades utilizando símbolos e letras, estamos usando uma **função**. Esse é o nome dado à expressão matemática que representa simbolicamente uma informação por meio de uma correspondência entre grandezas.

**Léo:** Poxa, Roger, para que escrever uma função se escrever vai fazer o mesmo efeito?

**Roger:** Escrever em linguagem matemática ajuda escrever o problema de uma forma mais sintética e direta, além de operacionalizar o problema.

**Léo:** Mas usar letras não deixa as coisas mais complicadas? Poderíamos usar só números...

**Roger:** Ao usarmos números estamos restringindo uma situação específica. Se usamos uma letra que pode assumir qualquer valor, a expressão fica mais geral e pode ser utilizada em qualquer situação que envolva as mesmas condições do nosso modelo.

**Léo:** Ah sim... Mas e o fato de ter que explicar o significado de cada uma das letras não representa uma desvantagem?

**Roger:** Realmente é preciso explicar o significado de cada uma delas, porém, depois de explicadas, representam uma forma mais rápida do que escrever um monte de palavras. É um trabalho só, que servirá em diversas ocasiões. Além do mais, quando as pessoas combinam um padrão esse problema desaparece, pois o modelo torna-se universal.

**Léo:** Hum... E por que usa a mesma letra? Não podemos usar mais de uma para representar?

**Roger:** Usamos a mesma letra porque representam a mesma grandeza, mas em situações diferentes. E não podemos utilizar duas letras juntas representando a mesma coisa porque na matemática isso significa uma multiplicação. Para resolver tudo isso, usamos subscritos.

**Funções**  
permitem  
representar o  
mundo real  
simbolicamente.



## Variáveis determinam uma função geral

Perceba que, na verdade, a relação estabelecida entre as grandezas é de dependência: o tempo total está vinculado aos dois outros tempos e dependem desses para ser determinado. O tempo total está *em função* dos tempos de trânsito e do tempo que Léo leva para se arrumar.

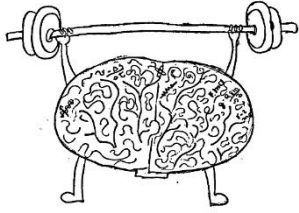
$$\mathbf{t_{total} = t_{arrumar} + t_{transitar}}$$

O tempo total se modifica quando os outros tempos se modificam

$t_{total}$ ,  $t_{arrumar}$  e  $t_{transitar}$  são variáveis porque mudam de acordo com a situação

Quando uma grandeza está escrita em função de outras, quer dizer que ela é expressa por uma dependência e não precisamos de valores numéricos, ou seja, temos uma regra geral, que vale para qualquer valor a ser substituído na fórmula. Independente de quanto tempo Léo demora a se arrumar ou de quanto tempo demora circulando, a função é a mesma. Em uma função, qualquer quantidade representada por letras ou símbolos ao invés de um número é chamada **variável**, justamente porque varia dependendo da situação.

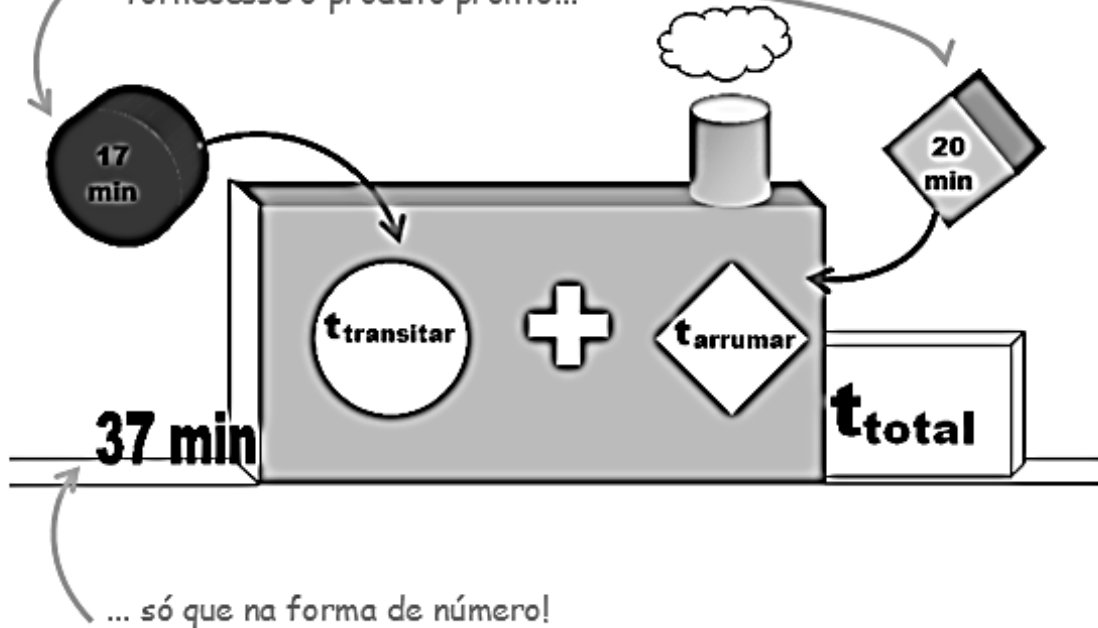
A interpretação da função matemática indica previsões sobre acontecimentos reais. Esse é o papel da modelagem!



## PENSANDO...

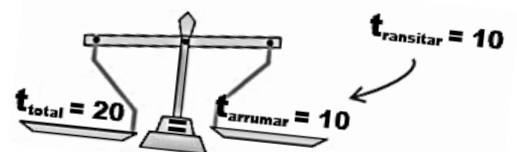
O que deve acontecer com  $t_{\text{transitar}}$  se  $t_{\text{arrumar}}$  aumenta e queremos manter o  $t_{\text{total}}$  inalterado? Que consequências reais isso pode trazer (ou já trouxe)?

Uma função é uma lei geral. Quando colocamos valores específicos em uma função ela passa a se referir apenas a essa situação. É como se colocássemos ingredientes em uma máquina e ela fornecesse o produto pronto...



## Próximo capítulo...

Roger ajuda Léo a construir tabelas para sempre ter o tempo calculado para dizer à Juliana. Entretanto, pode ser que ela não espere ele terminar os cálculos...



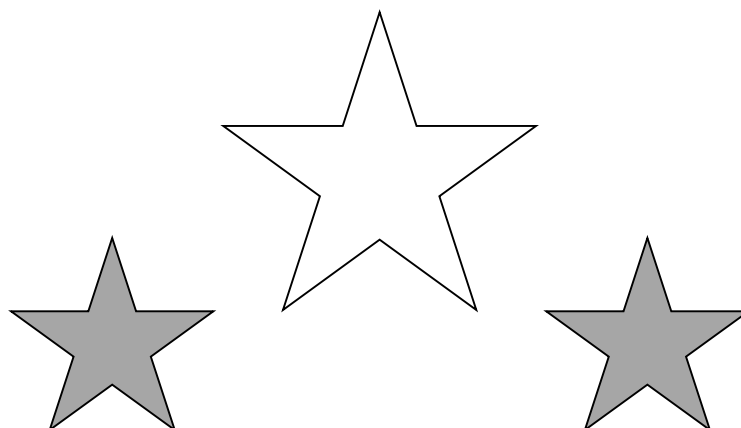
Mas antes...  Achou que ia ficar livre? De novo?

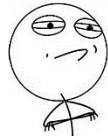
Depois que Roger acudiu o amigo e os dois resolveram as coisas da batida, Leonardo foi levado para casa, enquanto seu carro foi levado pelo guincho. Para não deixar a sua namorada esperando, Léo se ajeita rápido, pega o carro do amigo emprestado e manda logo uma mensagem para Ju...



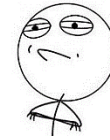
Qual dos tempos Leonardo fica sabendo pelo GPS? Como é possível reescrever a função, que era geral, para essa situação específica em que já se sabe um dos dados?

**Missão 2:  
Completa!**





## Missão 3: Santo GPS



### Ainda é necessário calcular o tempo

**Roger:** Agora que você já conseguiu um modelo para calcular o tempo para chegar até a Ju, precisa arranjar uma maneira de torná-lo mais preciso.

**Léo:** Como assim? Já podemos calcular tudo com a função.

**Roger:** Você está certo, mas há um porém: se você demorar a se arrumar ou se pegar trânsito, tudo vai por água abaixo.

**Léo:** Pois é! Então esse negócio de função não vai facilitar em nada.

**Roger:** Bom, partindo do princípio que vocês sempre se encontram no sábado no mesmo horário, o tempo de trânsito até a casa dela é mais ou menos o mesmo sempre.

**Léo:** É... Cerca de 15 minutos. Só olhar no GPS.

**Roger:** Então podemos especificar a nossa função para que o tempo de trânsito sempre

seja de 15 minutos, ou seja, especificamos a função para esse tipo de ocasião.

**Léo:** Então o tempo total fica determinado por 15 mais o tempo que eu levo me arrumando?

**Roger:** É. O tempo total sempre será a diferença entre o horário que você marcou com a Juliana e o horário que você começará a se arrumar. Se você chegar em casa mais tarde, dê uma guaribada rápida no visual e saia. Caso contrário, você poderá ir como um galã para encontrar a sua gata!

**Léo:** Beleza! Então é só saber o tempo que eu tenho para chegar até a Ju, descontar os 15 minutos no trânsito e eu obtenho uma estimativa de quanto tempo terei para dar uma melhorada no visual... É, gostei!

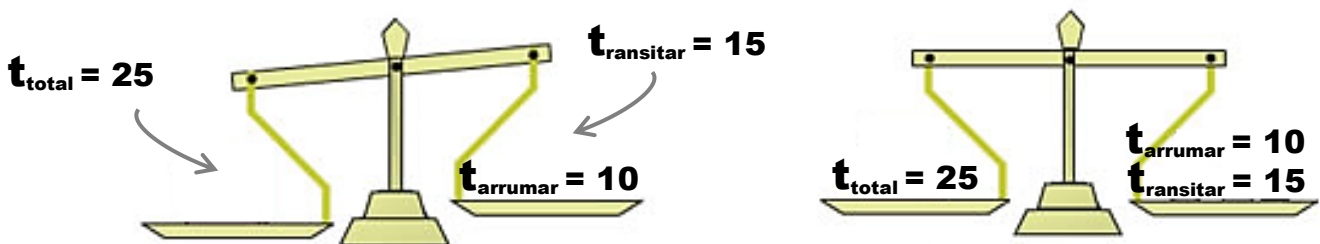
*Você está aqui → 1*

Essa é a nova função:

$$t_{\text{total}} = t_{\text{arrumar}} + 15$$

Mesmo que o tempo de trânsito tenha sido substituído, como ainda há uma relação de dependência entre o tempo total e tempo para se arrumar, continuamos tendo uma função. Contudo, a nova função se restringe a situações para as quais o tempo de trânsito é de 15 minutos.

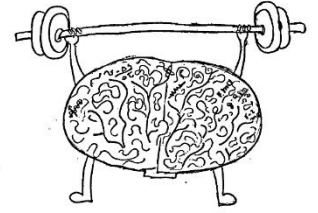
De acordo com a função, agora específica, temos muitos pares de números  $t_{\text{total}}$  e  $t_{\text{arrumar}}$  que satisfazem o problema. Temos também na nossa função uma igualdade e, por isso, à medida que Léo demora mais para se arrumar, o tempo total cresce para manter a igualdade dos dois lados.



Para que a minha expressão matemática seja satisfeita, os dois lados da igualdade devem ser equivalentes. Por isso que o tempo total depende do tempo que Léo demora para se arrumar: se o tempo para se arrumar aumenta, o tempo total aumenta para deixar tudo equilibrado.

## Pensando...

Se Léo tivesse mandado uma mensagem anteriormente para Juliana dizendo que chegaria em 30 minutos e sabe que demorará cerca de 15 minutos no trânsito, que atitude Léo teve que tomar para cumprir a promessa feita à namorada?



Para vermos de que forma um tempo influencia no outro, é possível escrevê-los em uma tabela, já que ela ajuda a manter os resultados ordenados, pois mantém uma informação próxima da outra por meio das colunas e linhas, além de possibilitar uma visão geral do que está acontecendo.



## Pegue o Lápis

Preencha a tabela utilizando a função específica encontrada acima.

$t_{\text{total}}$ (min)	$t_{\text{arrumar}}$ (min)
20	5
25	10
30	
	20
40	
	30
55	
	55

$t_{\text{total}} = t_{\text{arrumar}} + 15$   
 $20 = t_{\text{arrumar}} + 15$   
 $20 - 15 = t_{\text{arrumar}}$   
 $5 = t_{\text{arrumar}}$

As unidades de medida ficam nos tópicos principais para que a tabela contenha só números



## Pegue o Lápis - Solução

Preencha a tabela utilizando a função específica encontrada acima.

	$t_{\text{total}}$ (min)	$t_{\text{arrumar}}$ (min)
+ 5	20	5
+ 5	25	10
+ 5	30	15
+ 5	35	20
+ 5	40	25
+ 5	45	30
+ 10	55	40
+ 15	70	55

Tabelar ajuda a identificar padrões

## Há um jeito mais rápido para visualizar a situação

**Léo:** Cara, ficou show essa tabela! Agora é só colocar na porta da geladeira e olhar toda vez que chegar em casa no sábado!

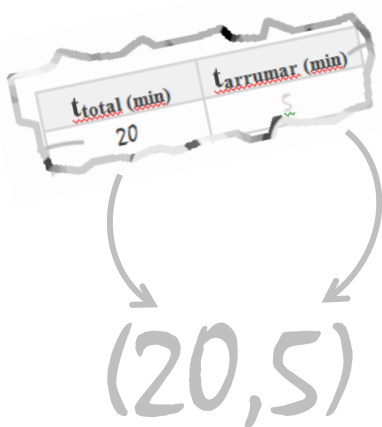
**Roger:** Tá vendo? Mas ainda há uma maneira de visualizar esses dados mais rapidamente.

**Léo:** Como?

**Roger:** Bom, você já concordou comigo que há uma dependência entre  $t_{\text{arrumar}}$  e  $t_{\text{total}}$ , certo? Por conta dessa dependência, podemos representá-los da seguinte maneira:  $(t_{\text{arrumar}}, t_{\text{total}})$ . Dentro dos parênteses, os dois valores para os tempos ficam separados por uma vírgula e são chamados de **pares ordenados**.

**Léo:** Como, por exemplo, (5, 20)? A partir dos dados da tabela?

**Roger:** É! Como o 5 representa o tempo para arrumar que está relacionado com o tempo total de 20 minutos, representamos dessa maneira. E podemos utilizá-los para traçar um gráfico, onde todas as informações poderão ser vistas de uma vez só, sem termos que ler dado por dado. Além disso, os padrões encontrados na tabela são percebidos mais facilmente!





**Léo:** Mas gráficos são muito difíceis de desenhar! Eu não consigo entender.

**Roger:** Mas você sabe jogar xadrez!

**Léo:** ???

## Um par ordenado localiza pontos no plano cartesiano

**Roger:** Olhe para o tabuleiro: existem números e letras nas laterais. Eles servem para localizar as peças. Por exemplo, se eu quero começar a jogada com o peão que está no quadrado com endereço (e, 2), basta que eu indique a letra e o número em seguida. Sempre nessa ordem: primeiro o que está abaixo do tabuleiro, as letras, depois o que está na vertical, os números.

**Léo:** Certo, mas não é mais fácil só pegar a peça e colocar no quadradinho de destino?

**Roger:** Isso se você estiver jogando. Se você quiser aprender jogadas novas, tem que saber essa notação para entender os manuais.

**Léo:** Entendi. Se eu quiser que o peão ande duas casas, então basta indicar seu deslocamento de (e, 2) para (e, 4)?

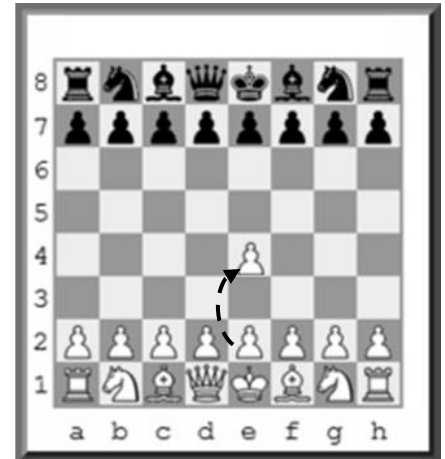
**Roger:** Isso! Você percebe que esse endereço é único? Não há mais nenhum quadradinho que possa ser identificado pelo par (e, 4).

**Léo:** Mas essa não é a mesma notação que usamos para os pares ordenados de tempo para arrumar e tempo total?

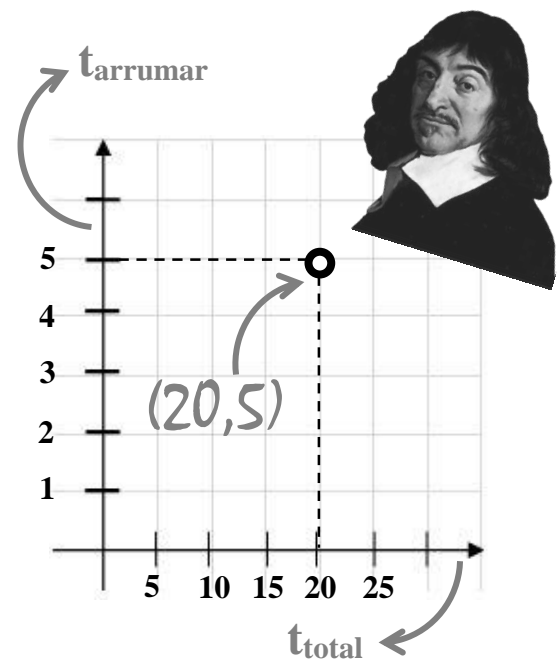
**Roger:** Justamente. Contudo, claro, esse não é o endereço de jogo de xadrez e sim um endereço no **plano cartesiano**. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo matemático e filósofo René Descartes para relacionar fórmulas algébricas, como as funções, com a geometria. Em seu livro *Discurso sobre o método*, do ano de 1637, o francês apresentou a ideia de especificar um ponto usando divisões igualmente espaçadas de dois eixos que se intersectam.

**Léo:** Ele não apresenta letras na parte de baixo...

**Roger:** Claro! Lembra que a relação de dependência é entre dois números? Então! No plano cartesiano, localizamos esses dois pontos e observamos a linha do primeiro número no eixo de baixo e o segundo no eixo lateral. Onde essas linhas se cruzarem é o endereço desses pontos! O zero fica no cruzamento dos eixos e as divisões em cada eixo individual têm o mesmo tamanho, senão a escala fica deformada.



Descartes



Você está aqui → 5

Possivelmente, você já desenhou um gráfico outra vez, mas não custa relembrar alguns detalhes.

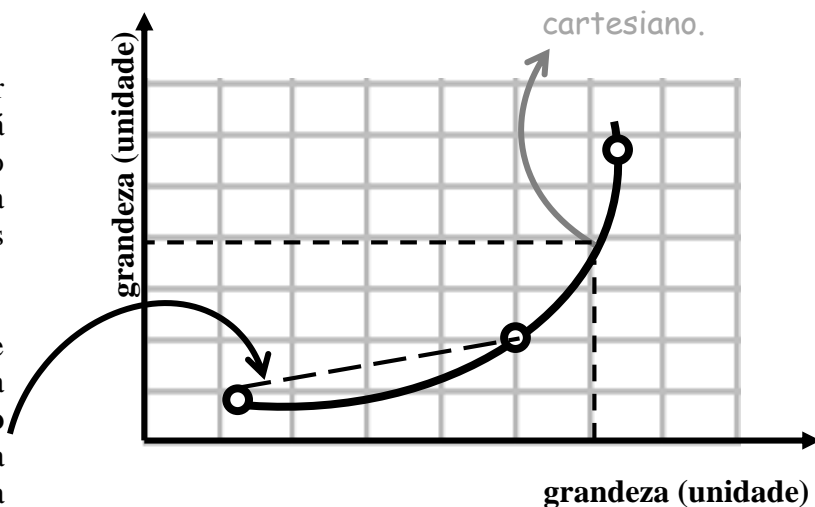
A coisa mais importante ao desenhar um gráfico é deixar claro o que ele está representando, ou seja, é necessário colocar um título, o nome para a grandeza que cada eixo representa e as unidades associadas.

Após enxergar que formato ele parece apresentar, é necessário traçar uma linha unindo os pontos. Isso **não** significa ligar os pontos. A curva traçada deve ser suave, pois é dessa maneira que a maioria dos fenômenos acontece, em uma progressão gradual.

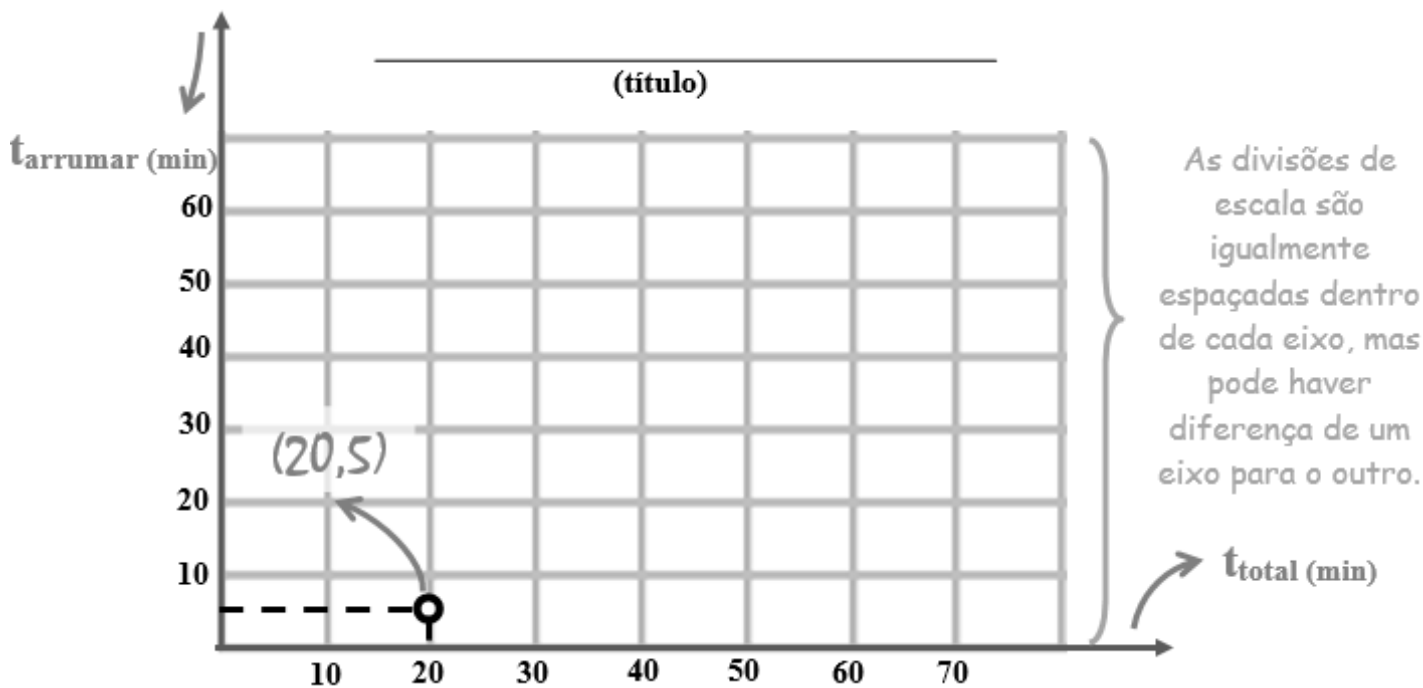
Quando você percebe o padrão que o gráfico segue, pode encontrar valores sem ter que calculá-los.

Você pode saber os valores localizados neste ponto, sem ter que calculá-los. Basta ver o seu endereço no plano cartesiano.

### Título

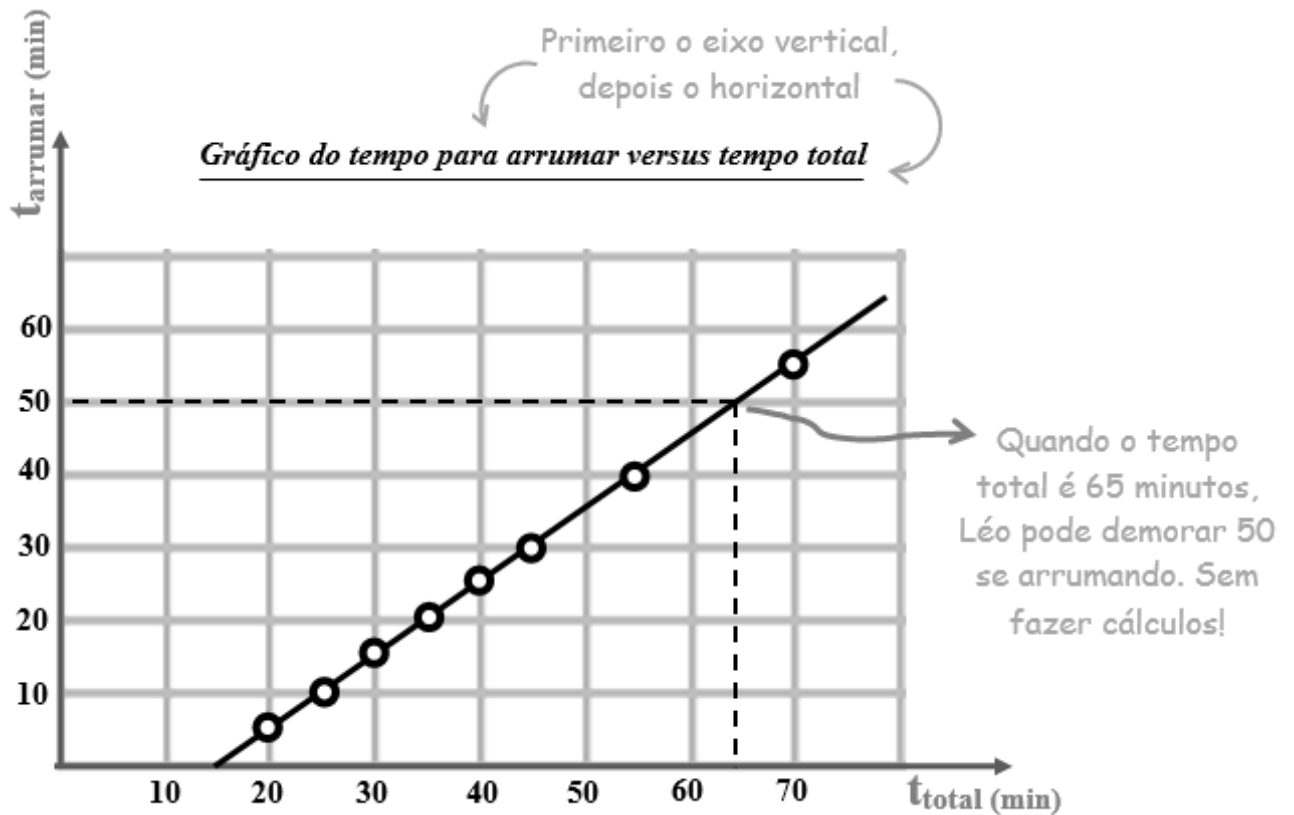


### Pegue o Lápis



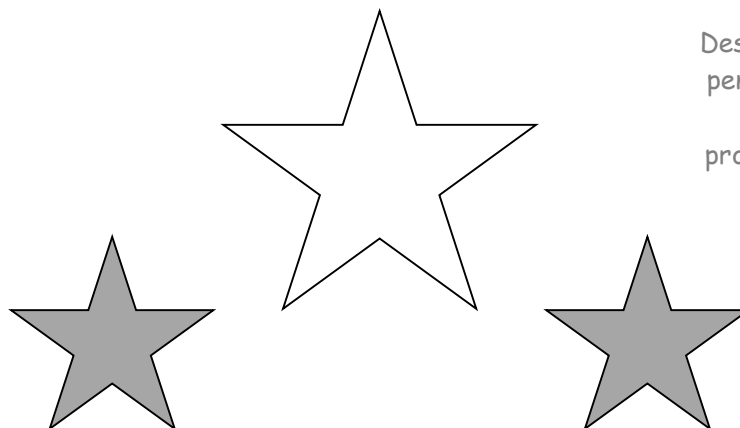


## Pegue o Lápis – Resolução



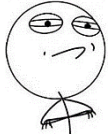
### Próximo capítulo...

Léo só precisa conferir a função que ele criou. Juliana desiste de esperar.

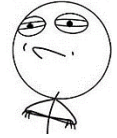


Dessa vez você ficou livre de pensar mais um pouco... Mas nada impede que o seu professor passe um deveres para casa ;)

Você está aqui → 7



# Missão 4: Com que velocidade eu vou



Estes afetam o período de tempo para que Léo se desloque.

- Condições do trânsito
- Velocidade do carro de Leonardo
- Caminho escolhido para ir até a casa de Juliana (distância)



Você fez alguns palpites na missão 1!

No começo da história você provavelmente fez uma ótima observação quando disse que o tempo total de Léo dependeria da velocidade do carro e o caminho escolhido até a casa de Ju. Léo talvez não tivesse se tocado disso...

1 h  
=  
60 min

**Léo:** Moleque, eu ando, ando, ando e o tempo do GPS não diminui... Eu não vou chegar a tempo.

**Roger:** Cara, com que velocidade você está indo? Por onde você foi?

**Léo:** Estou andando a 60 km/h, ou seja, 1 km a cada minuto. Eu decidi não ir pelo caminho indicado pelo GPS, porque a EPTG nesse horário está com trânsito.

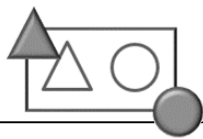
**Roger:** Assim não vai dar mesmo! O outro caminho tem o dobro do tamanho! Para chegar em 5 minutos, você teria que estar a 80 km/h!

**Léo:** Mas não dá! A velocidade da via é 60km/h, vou levar uma multa!

**Roger:** Você devia ter pensado nisso antes... Mas, faz assim: como você se atrasou mesmo, vem pra cá para eu te ensinar como você pode fazer.

**Léo:** E a Ju?

**Roger:** Você sabe... Essa hora ela já deve estar a caminho da casa da Hérica. Você está arruinado, mas vamos acabar com esse seu problema de uma vez por todas!

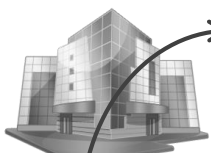


## Encaixe

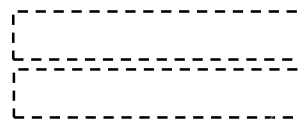
GRANDE

PEQUENO (A)

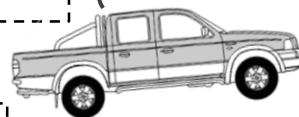
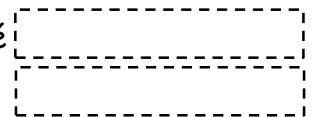
Seu trabalho é encaixar as peças para ver como a distância da casa e a velocidade com que Léo se desloca afeta o tempo que ele leva para chegar à casa de Ju. São apenas duas palavras, mas encaixam em todas as imagens.



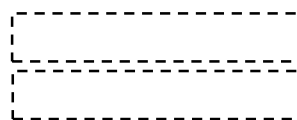
Se a distância é  
então,  $t_{\text{transitar}}$  é



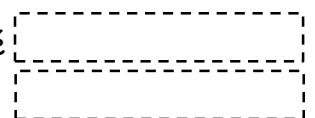
Se a velocidade é  
então,  $t_{\text{transitar}}$  é



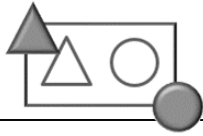
Se a distância é  
então,  $t_{\text{transitar}}$  é



Se a velocidade é  
então,  $t_{\text{transitar}}$  é

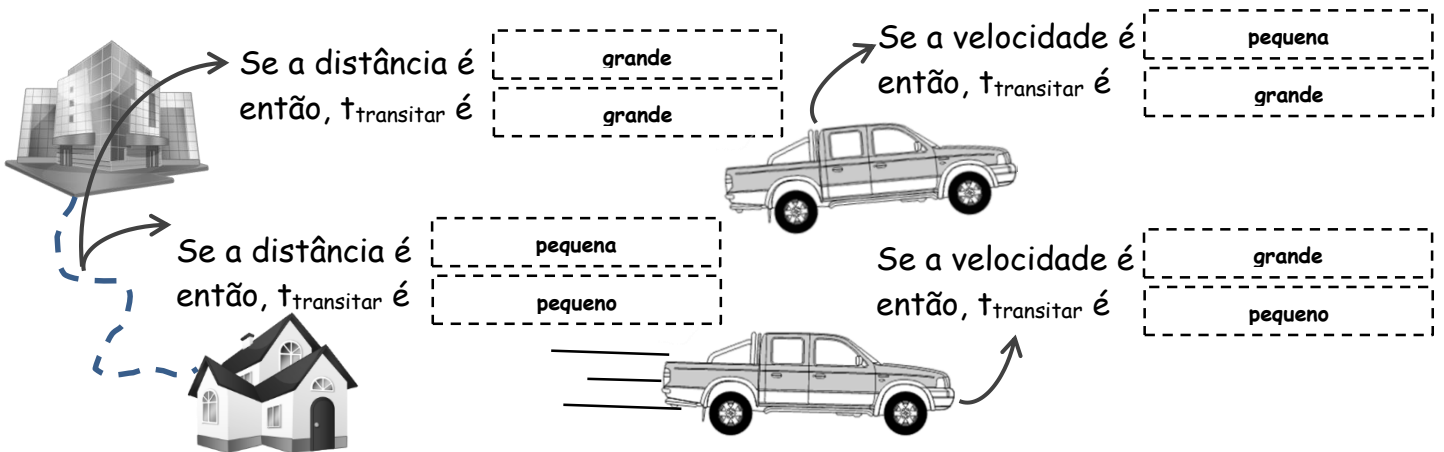


Você está aqui → 1



## Encaixe – Solução

Seu trabalho é encaixar as peças para ver como a distância da casa e a velocidade com que Léo se desloca afeta o tempo que ele leva para chegar à casa de Ju. São apenas duas palavras, mas encaixam em todas as imagens.



## O tempo é proporcional à velocidade

**Roger:** Preste atenção! Você provavelmente consegue manter a velocidade do carro durante o percurso, certo?

**Léo:** É, consigo.

**Roger:** Veja se você entende: se você andar 1 km a cada minuto, sem modificar a sua rapidez, toda vez que passar 1 minuto completo você avança 1 km.

**Léo:** Tá, mas o que isso vai me ajudar a calcular a velocidade que preciso manter para chegar a tempo?

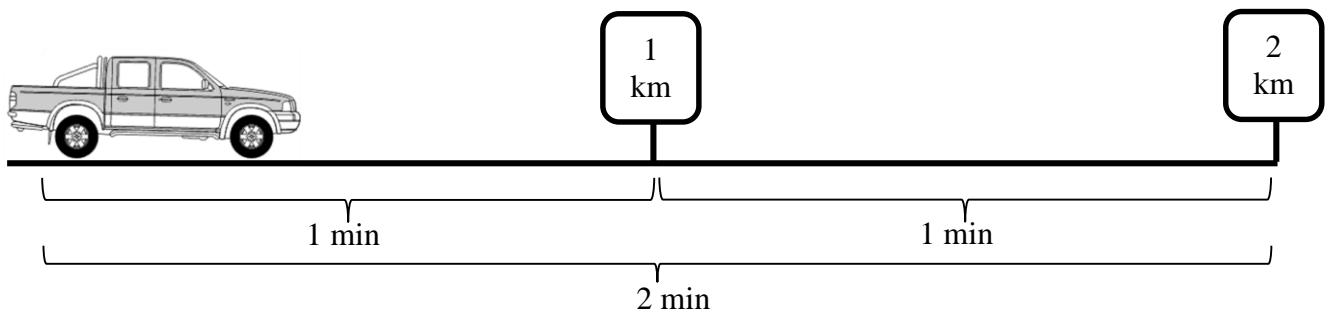
**Roger:** Se cronometrarmos o tempo que você gasta para percorrer 1 km, sabemos, sem ter que andar novamente, que você levará o dobro de tempo para percorrer 2 km.

**Léo:** Então podemos pegar o tempo que levo para percorrer 1 km e dizer que vou levar a metade desse tempo para percorrer 0,5 km, ou o triplo desse tempo para percorrer 3 km?

**Roger:** Sim. Precisamos cronometrar apenas uma vez. O resto, podemos tabelar!

**Léo:** Já entendi. Fizemos isso uma vez!

**Roger:** Fizemos. Mas agora, vamos fazer duas tabelas.



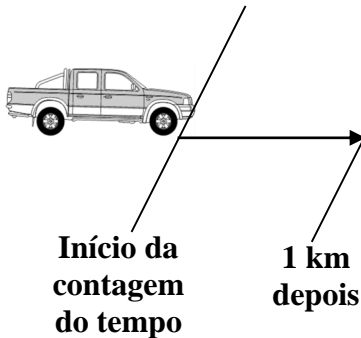
# Medindo rapidamente!

**Roger:** Cara, entra logo nesse carro! Vai andando que quando der um quilômetro eu paro de marcar o tempo. Vai primeiro a 60km/h. Depois a gente vai mais um quilômetro a 75 km/h. Vamos ver no que dá. A gente só vai gastar 2 minutos para medir.

1 minuto... A 60 km/h - 1 km a cada minuto



$$60 \text{ km/h} = 60 \text{ km}/60 \text{ min} = 1 \text{ km/min}$$



O resto, não precisa medir... Se ele anda 1 km a cada minuto, então...

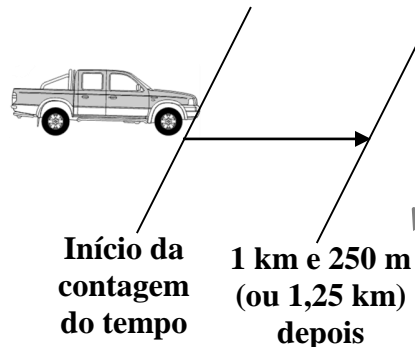
d (km)	t <sub>transitar</sub> (min)
1	1
	2
3	
	4
5	

$$d = \underline{\hspace{2cm}} \times t_{\text{transitar}}$$

1 minuto... A 75 km/h - 1,25 km a cada minuto



$$75 \text{ km/h} = 75 \text{ km}/60 \text{ min} = 1,25 \text{ km/min}$$



O resto, não precisa medir... Se ele anda 1,25 km a cada minuto, então...

d (km)	t <sub>transitar</sub> (min)
1,2	1
	2
3,75	
	4
6,25	

$$d = \underline{\hspace{2cm}} \times t_{\text{transitar}}$$

## Solução

d (km)	$t_{\text{transitar}}$ (min)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

$$d = \underline{1} \times t_{\text{transitar}}$$

Para achar a distância, bastou multiplicar o tempo por 1, que é o valor da velocidade

d (km)	$t_{\text{transitar}}$ (min)
1,25	1
2,5	2
3,75	3
5	4
6,25	5

$$d = \underline{1,25} \times t_{\text{transitar}}$$

Para achar a distância, bastou multiplicar o tempo por 1,25, que é o valor da velocidade

**Roger:** Consegue enxergar isso aqui?

**Léo:** O que?

**Roger:** Você andou em duas velocidades diferentes, correto? Como a velocidade indica o quanto o carro anda em determinado tempo, percebeu que a distância e o tempo são proporcionais? O que você tem que fazer com o tempo para achar a distância?

**Léo:** Depende! Se o carro anda 1 km/min eu tenho que multiplicar o tempo por 1 para obter a distância, mas se estiver a 1,25 km/min, então multiplico por 1,25.

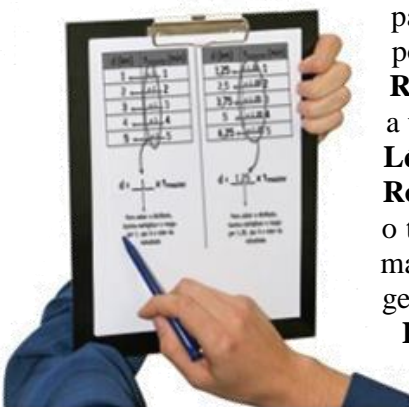
**Roger:** Exato. Percebe que uma relação entre a distância, o tempo e a velocidade?

**Léo:** Percebo! Dá para escrever uma função com isso!

**Roger:** Sim! Como é possível escrever a relação entre a distância  $d$ , o tempo  $t$  e a velocidade  $v$ ? Ou seja, como é possível usar símbolos matemáticos para escrever tudo isso que você falou para um caso geral, para qualquer velocidade que se queira?

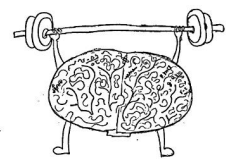
**Léo:** Calma!

**Roger:** Eu estou calmo... Quem não está é outra pessoa! Anda logo, já são quase uma da manhã!



Pensando...

Qual é a fórmula que relaciona a distância  $d$ , o tempo  $t$  e a velocidade  $v$ ?

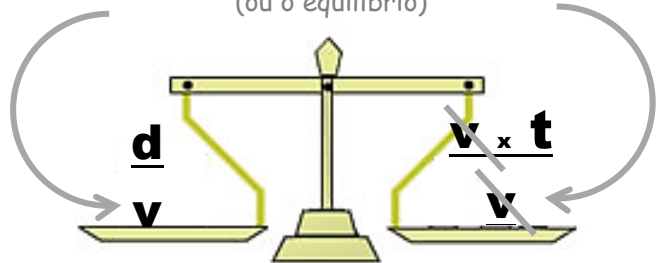
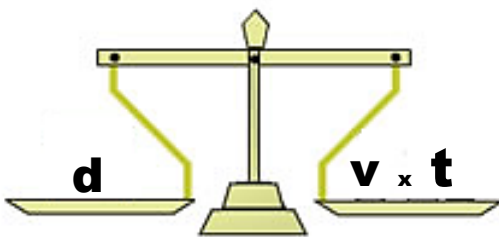


A velocidade vem com a distância e o tempo

$$d = v \times t$$

Para achar a distância, basta multiplicar a velocidade pelo tempo

Se dividirmos os dois lados por  $t$ , mantemos a igualdade (ou o equilíbrio)



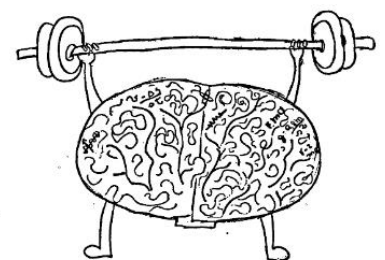
Trocar a ordem dos lados não interfere.  
Os lados continuam sendo iguais...

$$t = \frac{d}{v}$$

Podemos substituir  $v$  por um valor.  
Se fizermos isso, a função fica específica para a velocidade substituída!

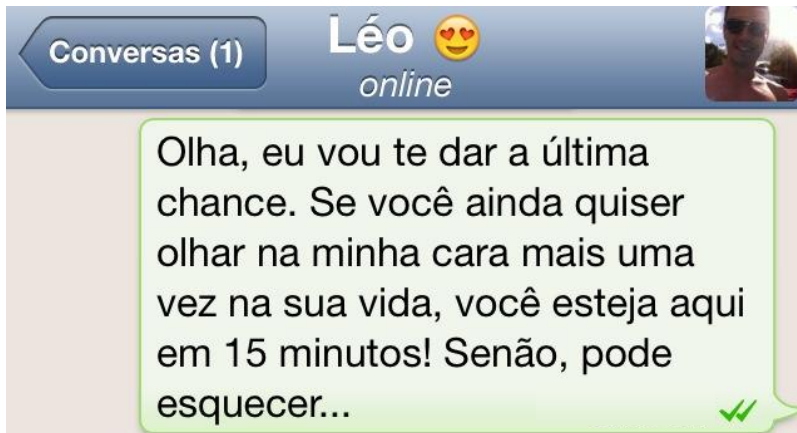
Pensando...

Existe outra maneira de escrever a relação acima?  
Como?





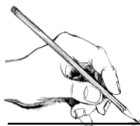
## Ultimato!



**Roger:** Vai lá, cara! Entra no carro!

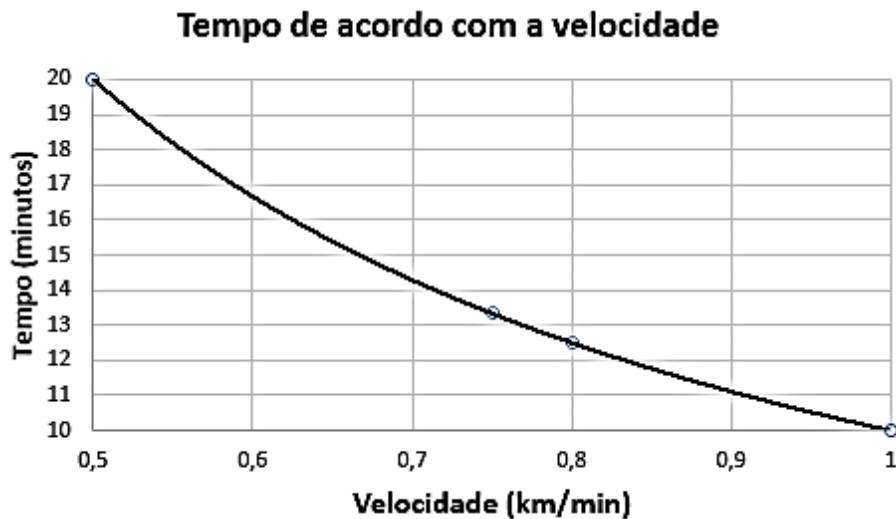
**Léo:** Mas...

**Roger:** Anda, já tenho o gráfico aqui que dá a velocidade que você vai precisar.



### Pegue o Lápis

O gráfico que Roger fez está mostrado abaixo. Estime a velocidade média que Léo tem que fazer para chegar em 15 minutos.

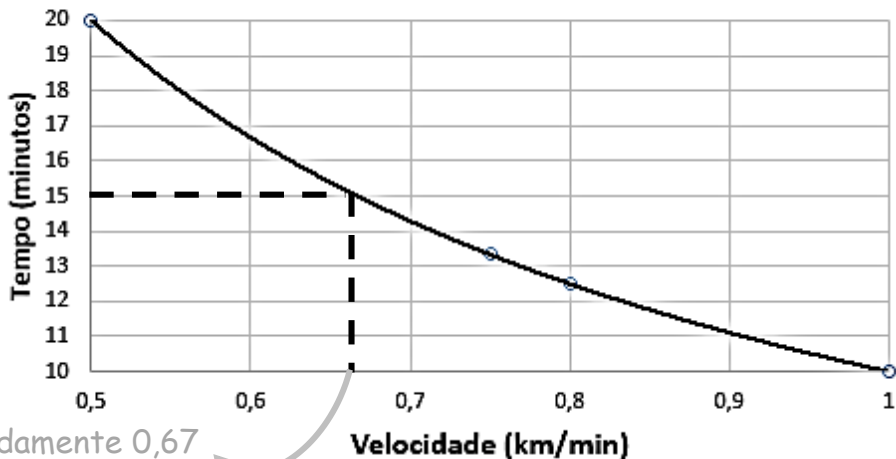




## Pegue o Lápis – Solução

O gráfico que Roger fez está mostrado abaixo. Estime a velocidade média que Léo tem que fazer para chegar em 15 minutos.

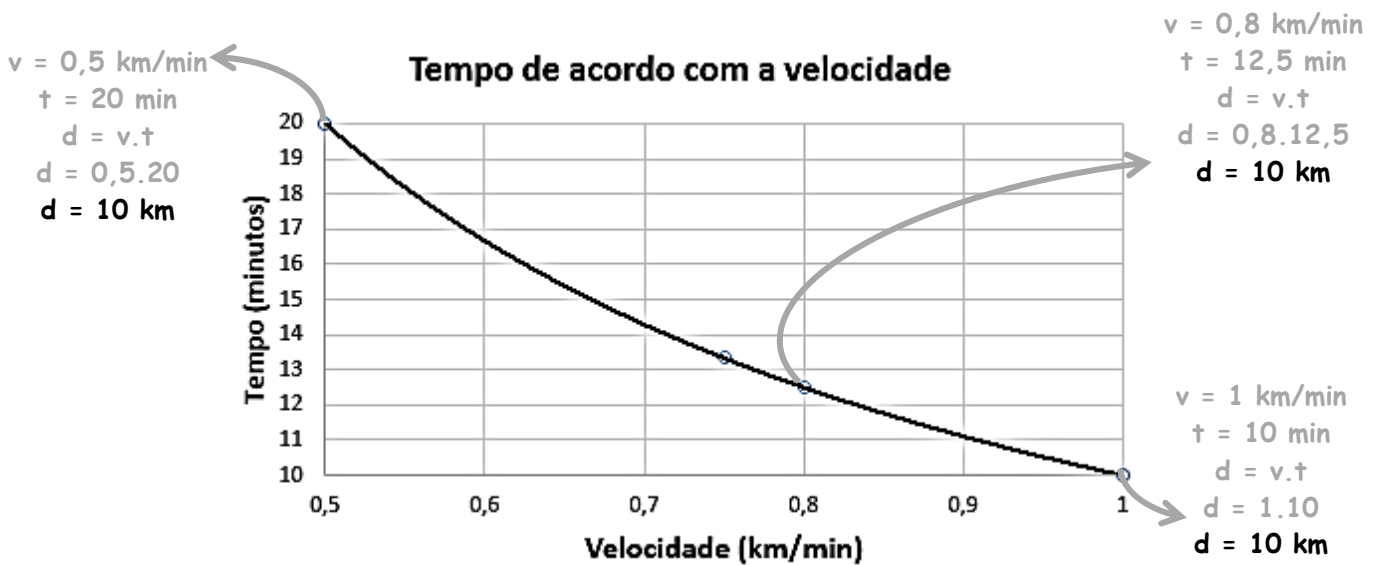
Tempo de acordo com a velocidade



Aproximadamente 0,67  
km/minuto ou 40,2 km/h

## Refazendo contas....

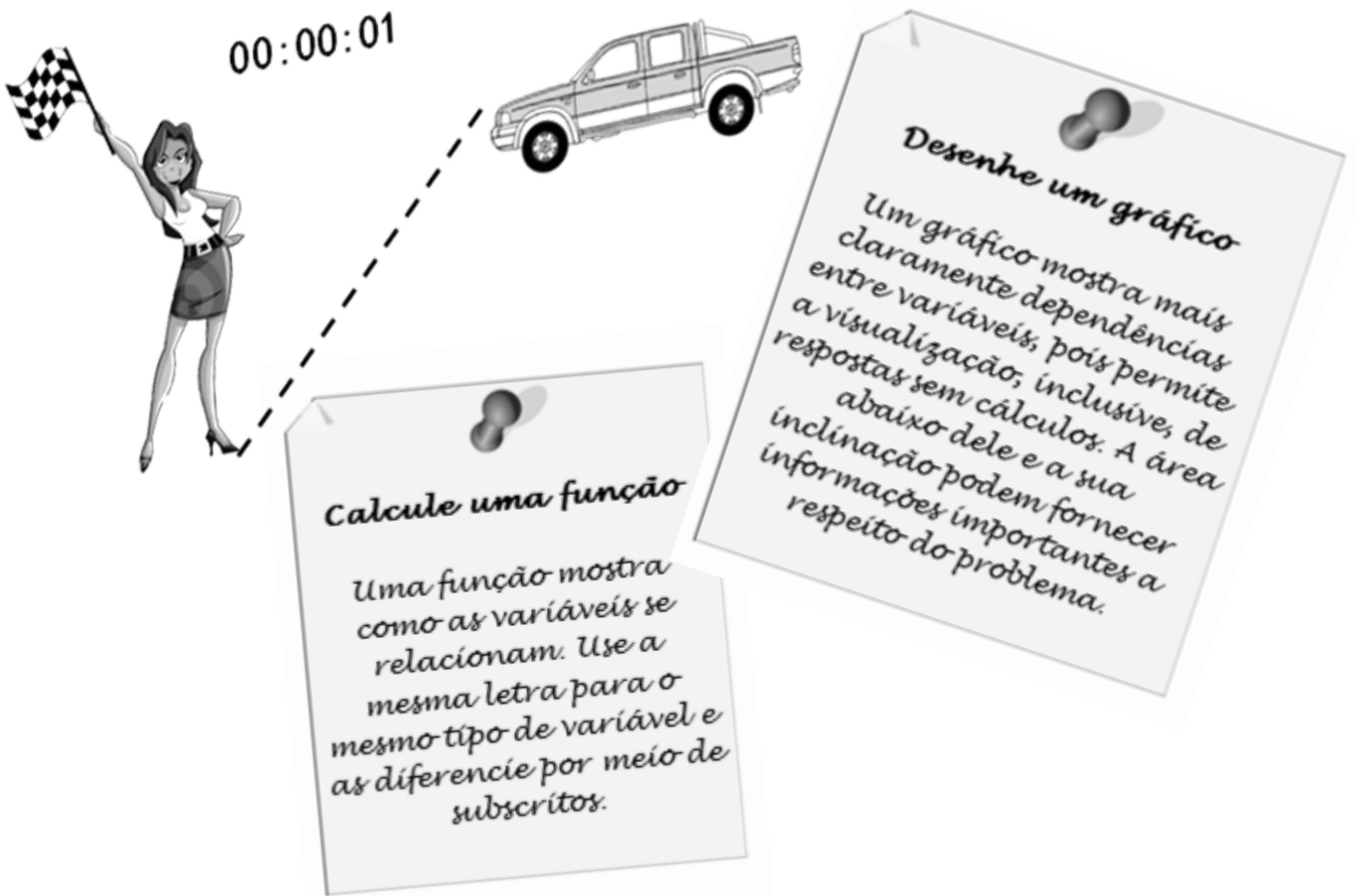
**Roger:** vamos rever isso aqui que eu estou achando muito menos de 1 km por minuto é muito pouco... bom, se  $d = v.t$ , basta eu olhar no gráfico para ver se usei a distância certa. Vou pegar 3 pontos que estão bem visíveis...



**Roger:** Ufa! É isso mesmo! A distância de onde ele saiu até lá é 10 km mesmo!

Você está aqui → 7

## Gráfico + função = salvamento de um namoro



**Missão 4:  
Completa!**

