



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

**JANIEL SÉRGIO DE SOUSA GUEDES**

**A FÍSICA FORENSE E O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO EDUCACIONAL  
“TRILHA DO CRIME” COMO RECURSO DIDÁTICO**

**TERESINA  
2019**

**JANIEL SÉRGIO DE SOUSA GUEDES**

**A FÍSICA FORENSE E O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO EDUCACIONAL  
“TRILHA DO CRIME” COMO RECURSO DIDÁTICO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí (UFPI) do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo 26, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

**TERESINA  
2019**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí**  
**Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza - CCN**

G924f Guedes, Janiel Sérgio de Sousa.  
A física forense e o processo ensino aprendizagem de mecânica no ensino médio utilizando o jogo educacional “Trilha do crime” como recurso didático / Janiel Sérgio de Sousa Guedes. – Teresina: 2019.  
155 f. il: color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.  
Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Física Forense. 3. Ensino Médio. 4. Jogos Didáticos. I. Título.

CDD 530.7

JANIEL SÉRGIO DE SOUSA GUEDES

**A FÍSICA FORENSE E O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO EDUCACIONAL  
“TRILHA DO CRIME” COMO RECURSO DIDÁTICO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí (UFPI) do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) - Polo 26, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Defendida em: 22 de novembro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho (UFPI)  
Presidente

---

Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte. (IFPI)  
Examinador externo

---

Prof. Dra. Edina Maria de Sousa Luz (UESPI)  
Examinador interno

**TERESINA  
2019**

Ao meu filho João Francisco, que veio ao mundo no curso deste trabalho, abrilhantando meu coração, me dando motivação e forças nos momentos que tanto precisei e que pensei em desistir em face das adversidades da vida. Que Deus esteja sempre presente em seus caminhos. Te amo, filho!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por colocar-me em seus braços, dando-me o conforto necessário e forças para concluir este trabalho em meio às grandes dificuldades enfrentadas nos últimos dois anos, desde a luta diária para conciliar estudos, família e trabalho, à perda precoce de meu pai biológico, José Ferreira dos Santos, vítima de latrocínio no ano de 2019. Com ele, aprendi que tudo que vamos fazer, devemos fazer com amor, dedicação e esmero, sempre em busca da perfeição.

À minha esposa Eliudy e meu filho João Francisco, meus grandes incentivadores e motivadores nessa jornada.

À minha Mãe, dona Solange, que sempre acompanhou minha vida acadêmica de perto dando o apoio além do necessário.

Ao meu Pai de criação, Francisco Guedes, *in memoriam*, que me ensinou que o trabalho dignifica as pessoas. Está com Deus e estará sempre em meus pensamentos.

Ao deputado Fernando Monteiro, que acompanhou minha trajetória acadêmica e profissional e sempre me estendeu a mão nos momentos que mais precisei.

Ao Prof. Dr. Renato Germano, por suas idéias valiosas, quanto à abordagem do Produto Educacional (Jogo de Tabuleiro) e quanto à temática do jogo (Física Forense). Foi extremamente decisivo para o sucesso do jogo “Trilha do Crime”.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Barbosa, por suas relevantes contribuições na fase final deste trabalho e pela compreensão dos momentos de minha ausência devido à morte de meu pai.

Por fim, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa fornecida, fundamental para custeio de despesas como impressão e confecção do Tabuleiro e cartas do Jogo Educacional proposto neste trabalho.

“Construímos muros demais e pontes de menos”.

Isaac Newton

## RESUMO

O Ensino de Física com enfoque em atividades investigativas associadas a jogos educacionais vem ganhando destaque entre as práticas pedagógicas docentes, principalmente pelo fato de despertar no discente uma aprendizagem prazerosa, participativa e lúdica, conforme sugerem os Parâmetros Curriculares Nacionais. O jogo educacional “Trilha do Crime”, objeto de pesquisa deste trabalho, associa aspectos da Física Forense ao conteúdo Mecânica estudado no 1º ano do Ensino Médio, com o objetivo de propor um ambiente de ensino que possibilite a participação direta e ativa do educando no processo ensino aprendizagem. Fundamenta este trabalho, além da ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas), a teoria do interacionismo social de Vygotsky, que considera a interação social instrumento essencial no desenvolvimento do conhecimento. De posse do método ABRP e da teoria de Vygotsky conseguimos definir e entender a importância da Interação Lúdica Significativa durante a aplicação do jogo. A pesquisa desenvolvida vislumbrou a construção do jogo educacional e sua aplicação com o objetivo de verificar se essa ferramenta pedagógica desperta no educando o interesse pela Física e conseqüentemente uma melhora na aprendizagem do conteúdo Mecânica. O jogo educacional proposto foi desenvolvido e aplicado em uma turma do 1º ano do Ensino Médio no Instituto Federal do Maranhão e proporcionou no educando um ambiente prazeroso, possibilitando, inclusive, a construção do conhecimento de forma equilibrada, tendo em vista que a ferramenta pode ser trabalhada de forma competitiva e cooperativa entre eles. O produto educacional se mostrou ser um instrumento de aprendizagem inovador, principalmente por tratar da “Física Forense”, tema pouco abordado no Ensino de Física, possibilitando ao discente, uma aprendizagem interdisciplinar e contextualizada do conteúdo Mecânica.

**Palavras-chave:** Jogo Educacional. Trilha do Crime. Física Forense. Interação Lúdica Significativa.

## ABSTRACT

The Teaching of Physics focusing on investigative activities associated with educational games has been gaining prominence among teaching pedagogical practices, mainly because it awakens in the student a pleasant, participative and playful learning, as suggested by the National Curriculum Parameters. The educational game “Crime Trail”, object of research of this work, associates aspects of Forensic Physics with the Mechanical content studied in the first year of high school, aiming to propose a teaching environment that allows the direct and active participation of the teaching in teaching process learning. In addition to ABRP (Problem-Based Learning), Vygotsky’s theory of social interactionism, which considers social interaction as an essential tool in the development of knowledge, is based on this work. With the ABRP method and Vygotsky’s theory we were able to define and understand the importance of Significant Playful Interaction during the application of the game. The research developed, glimpsed the construction of the educational game and its application in order to verify if this pedagogical tool arouses in educating the interest in Physics and consequently an improvement in the learning of Mechanical content. The proposed educational game was developed and applied in a class of the 1st year of high school at the Federal Institute of Maranhão and provided in the teaching a pleasant environment, allowing even the construction of knowledge in a balanced way, considering that the tool can be worked competitively and cooperatively among them. The educational game proved to be an innovative learning tool, mainly because it deals with “Forensic Physics”, a theme little addressed in Physics Teaching, allowing the student an interdisciplinary and contextualized learning of Mechanical content.

**Keywords:** Educational Game. Crime Trail. Forensic Physics. Significant Playful Interaction.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TABELA 1 – ABRP .....	23
TABELA 2 – Diferença entre exercícios e problemas .....	24
TABELA 3 – Tipos de função dos problemas abertos .....	24
TABELA 4 – Cenas de crime e conteúdos de Física presentes .....	43
TABELA 5 – Velocidade e energia de projéteis por tipo de calibre .....	44
QUADRO 1 – Conteúdos dos 3 casos do jogo .....	57
FIGURA 1 – Tela de estudo de um caso do jogo “Criminal Case” .....	30
FIGURA 2 – Manchas de sangue por gotejamento.....	48
FIGURA 3 – Impacto de mancha de sangue no solo .....	49
FIGURA 4 – Tabuleiro do jogo célula a dentro .....	54
FIGURA 5 – Tela de estudo de um caso do jogo “Criminal Case” ..	56
FIGURA 6 – Isolamento de local de crime .....	59
FIGURA 7 – Primeiro protótipo do tabuleiro .....	60
FIGURA 8 – Tabuleiro do jogo “Trilha do Crime” ..	61
FIGURA 9 – Cartão do primeiro caso.....	63
FIGURA 10 – Cartão do segundo caso .....	63
FIGURA 11 – Cartão do terceiro caso. ....	64
FIGURA 12 – Carta de pista do primeiro caso .....	65
FIGURA 13 – Carta de pista do segundo caso.....	66
FIGURA 14 – Carta de pista do terceiro caso. ....	67
FIGURA 15 – Página do <i>google drive</i> aberta no <i>e-mail</i> do autor.....	70
FIGURA 16 a 18 – Resposta do primeiro caso .....	86
FIGURA 19 a 21 – Resposta do segundo caso.....	88
FIGURA 22 a 26 – Resposta do terceiro caso.....	89
FIGURA 27 a 35 – Resposta do questionário I.....	93
FIGURA 36 a 44 – Resposta do questionário II.....	97
IMAGEM 1 – Tabuleiro e cartas sobre a mesa .....	62
IMAGEM 2 – IFMA Campus Timon - Local de aplicação .....	72
IMAGEM 3 – Disputa em andamento na biblioteca .....	73
IMAGEM 4 – Disputa em andamento no pátio.....	74
IMAGENS 5 a 8 – Tabuleiro 01. Equipes em disputa .....	77
IMAGENS 9 e 10 – Tabuleiro 02. Equipes em disputa .....	79
IMAGENS 11 e 12 – Tabuleiro 03. Equipes em disputa .....	80
IMAGEM 13 – Professor mediador .....	81
IMAGEM 14 – Tabuleiro 01. Equipes em disputa.....	82
IMAGEM 15 – Tabuleiro 02. Equipes em disputa.....	82
IMAGEM 16 – Tabuleiro 03. Equipes em disputa.....	82
IMAGEM 17 – Tabuleiro 02. Partida em andamento .....	83
IMAGEM 18 – Tabuleiro 03. Partida em andamento .....	83
IMAGEM 19 – Tabuleiro 03. Alunos de outras turmas acompanhando a partida.....	84
IMAGEM 20 – Produção de sangue artificial .....	102
GRÁFICO 1 – Resolução do 1º caso.....	87
GRÁFICO 2 – Resolução do 2º caso.....	89
GRÁFICO 3 – Resolução do 3º caso.....	92
GRÁFICO 4 – Respostas dos discentes ao questionário I .....	96
GRÁFICO 5 – Respostas dos discentes ao questionário II .....	100

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABRP – Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas

CID – Código Internacional de Doenças

CSI – Crime Scene Investigation

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

IFMA – Instituto Federal do Maranhão

ILS – Interação Lúdica Significativa

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

SI – Sistema Internacional de Unidades

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	A Física Forense.....	13
1.2	Os jogos no Ensino de Física.....	14
1.3	O problema da pesquisa.....	16
1.4	Escolha do tema.....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1	Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas.....	21
2.2	Interacionismo Social de Vygotsky.....	24
2.3	A Física Forense e o Ensino de Física.....	27
2.4	Aprendizagem Gamificada.....	28
2.5	Interação lúdica significativa.....	31
<b>3</b>	<b>ESTUDO DO MOVIMENTO DOS CORPOS.....</b>	<b>34</b>
3.1	Movimento vertical no vácuo.....	34
3.2	Lançamento horizontal.....	35
3.3	As leis de Newton.....	36
3.4	Conservação da quantidade de movimento.....	38
3.5	Energia Mecânica.....	39
<b>4</b>	<b>ASPECTOS DA FÍSICA FORENSE.....</b>	<b>43</b>
4.1	A Física nos locais de crime.....	43
4.2	Balística Forense.....	44
4.3	Acidentes de Trânsito.....	46
4.4	Morte Violenta.....	48
4.5	Incêndios.....	50
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>52</b>
5.1	Natureza da pesquisa.....	52
5.1.1	A pesquisa qualitativa.....	52
5.1.2	A pesquisa qualitativa no jogo Trilha do Crime.....	53
5.2	As bases do Produto Educacional.....	54
5.2.1	O jogo “Célula Adentro”.....	54
5.2.2	Definição dos casos.....	55
5.2.3	Relação dos casos com os conteúdos da Mecânica.....	57
5.3	Processo de construção do jogo Trilha do Crime.....	59
5.3.1	Construção do tabuleiro.....	59
5.3.2	Construção dos cartões de caso.....	63
5.3.3	Construção das cartas de sorte e azar.....	65
5.4	Mecânicas e Regras.....	68
5.4.1	Mecânicas.....	68
5.4.2	Regras.....	69
5.5	Designer do jogo.....	70
<b>6</b>	<b>APLICAÇÃO DO PRODUTO.....</b>	<b>73</b>
6.1	Aplicação do jogo.....	73
6.1.1	Local de aplicação.....	73
6.1.2	Descrição da Aplicação.....	73
6.1.3	Duração da Aplicação.....	75
6.2	Levantamento dos dados.....	75
6.3	Aplicação do questionário.....	76
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>77</b>
7.1	Análise das reações dos alunos durante a aplicação.....	78

7.1.1	Primeiro caso: Morte Violenta no edifício Dubai.....	78
7.1.2	Segundo caso: A morte do Deputado Federal .....	82
7.1.3	Terceiro caso: Morte Violenta em Acidente de Tráfego .....	84
<b>7.2</b>	<b>Análise da resolução dos casos.....</b>	<b>85</b>
<b>7.3</b>	<b>Análise do questionário I.....</b>	<b>92</b>
<b>7.4</b>	<b>Análise do questionário II .....</b>	<b>96</b>
<b>7.5</b>	<b>Modificações realizadas no produto.....</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS.....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>112</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A Física Forense

No ambiente escolar, nem sempre é possível encontrar uma temática que estabeleça ligações entre a vida cotidiana e os conceitos a serem ministrados. A contextualização dos problemas e a interdisciplinaridade dos assuntos são almejadas, mas de abordagem dificultosa e raramente aplicada, talvez por falta de uma base escolar consolidada nas séries finais do ensino fundamental ou até mesmo por falta de aplicação de metodologias facilitadoras do processo ensino e aprendizagem da Física.

O ensino de física na educação básica vem sofrendo grandes modificações no decorrer dos anos. Surgem sempre novas metodologias com o objetivo de consolidar no educando o conhecimento do mundo físico natural. O ensino com utilização de atividades investigativas pode ser uma ferramenta valiosa, considerando ser esta uma metodologia que na maioria das vezes dinamiza a aula, prendendo a atenção do discente.

Em tempos modernos, no qual a tecnologia instalou-se na sociedade de forma maçante, e que cada vez se torna mais difícil prender a atenção dos discentes às aulas, é evidente que devemos nos aproximar cada vez mais dos meios tecnológicos e fazer destes, aliados para a construção de uma aprendizagem motivadora. As séries televisivas que tratam de investigação criminal, e que muitas vezes mostram que o conhecimento físico é utilizado para desvendar um crime, ganharam adeptos nos últimos anos, de forma a causar na sociedade o interesse pela investigação e porque não dizer pela física, tornando-se sem dúvida uma grande ferramenta para o ensino. Segundo o professor e perito criminal Osvaldo Negrini Neto:

Física Forense é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos naturais de interesse do judiciário. Dentre estes se destacam os relativos aos acidentes de trânsito. Tais fenômenos podem ser vistos como parte da dinâmica dos corpos rígidos, sob certas condições, e assim tem sido tratado por especialistas da área (NETO, 2014, p. 124).

É tarefa de um físico forense, também: a determinação de trajetória de projéteis e distância em que foi efetuado um disparo com arma de fogo, estimar o tempo de morte de uma vítima baseado em sua temperatura corporal, bem como a materialização das posições da vítima através da análise de manchas de sangue em locais de crime.

O crime, segundo os parâmetros jurídicos, é toda ação antijurídica, culpável, praticada por um ser humano. De acordo com o dicionário:

*sm* (lat *crimen*) **1** segundo a conceituação formal, toda conduta humana que infringe a lei penal sem que se considerem os resultados pretendidos pelo agente. **2** Segundo a conceituação material, fato decorrente de uma conduta humana moralmente imputável que, por ação ou omissão, lesa ou põe em risco um bem jurídico protegido por lei e que se diz consumado quando há concretização do resultado pretendido pelo agente. **3** Violação das regras que a sociedade considera indispensáveis à sua existência (MICHAELIS, 2019, n.p, grifos do autor).

O local de crime pode ser definido, de forma geral, como todo o espaço físico onde ocorreu a prática de uma infração penal. Conforme os pressupostos:

Local de crime é a porção do espaço compreendida num raio que, tendo por origem o ponto no qual é constatado o fato, se estenda de modo a abranger todos os lugares em que, aparente, necessária ou presumivelmente, hajam sido praticados, pelo criminoso, ou criminosos, os atos materiais, preliminares ou posteriores à consumação do delito e com estes diretamente relacionados (RABELLO, 1996, p. 17).

O perito criminal é o profissional responsável por fazer as análises e investigações nos locais de uma infração penal em busca de vestígios que possam levar à elucidação de um crime. Eles são, em regra, portadores de curso superior em áreas como: Biologia, Física, Química, Engenharia Civil, Informática, dentre outras, tornando-os assim profissionais multidisciplinares em face da diversidade de crimes que irão investigar. No Brasil, o ensino de física voltado à área de Física Forense ainda é pouco explorado, principalmente em face de seu elevado grau de contextualização com outras áreas de conhecimento, tendo em vista seu caráter multidisciplinar, por se tratar, em sua maioria, de casos periciais que envolvem diversas áreas de conhecimento, tornando essa prática pedagógica pouco difundida por professores de Física, que em sua maioria não têm oportunidades de aplicar essas novas estratégias de ensino em suas aulas. O estudo da Física Forense, tendo como base o currículo do Ensino Médio, aplicado aos casos periciais vivenciados pelo discente em seu cotidiano, visa integrar de forma definitiva esse educando ao mundo físico e natural, despertando seu interesse pela ciência, abordando como elemento de integração a perícia criminal.

## **1.2 Os jogos educacionais e o Ensino de Física**

O processo ensino aprendizagem, por meio de jogos, vem se tornando prática comum e cada vez mais consolidada no âmbito escolar. Dentre os diversos tipos de jogos existentes, o

jogo de tabuleiro foi objeto de desenvolvimento e aplicação do presente trabalho, tendo em vista sua facilidade e praticidade, uma vez que pode ser jogado a qualquer hora e lugar, diferentemente de jogos eletrônicos que muitas vezes dependem de computadores e não podem ser jogados em qualquer ambiente.

A palavra lúdica vem do latim “ludus” e significa brincar. O ato de “brincar” compreende os jogos e seus divertimentos. Ou seja, é toda a atividade realizada e absorvida de forma intensa e proveitosa pelos indivíduos de acordo com suas habilidades. Esse envolvimento emocional é responsável pela conversão do lúdico em uma atividade estimuladora que gera um estado de euforia (FIDELIS; TEMPEL, 2005).

Para Ludwig (2006), o jogo didático constitui um importante recurso para o professor, pois desenvolve a capacidade de resolução de problemas e propicia a assimilação de conceitos, atendendo as particularidades do indivíduo.

O jogo favorece a aquisição de conduta cognitiva e desenvolvimento de habilidades como: coordenação, rapidez, força e concentração. A participação em jogos contribui para a formação de atitudes sociais como respeito mútuo, senso de responsabilidade, senso de justiça, iniciativa pessoal e no grupo. Ele é o vínculo que une a vontade e o prazer durante a realização de uma atividade (LUDWIG, 2006, p. 49).

Se considerarmos o conhecimento do mundo físico e natural aplicado na área forense com o objetivo de aprimoramento da aprendizagem do aluno, e aliarmos todo esse contexto a um jogo investigativo, proporcionaremos ao educando uma aprendizagem lúdica, dinâmica e prazerosa. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos no processo de apropriação do conhecimento. Permitem o desenvolvimento de competências no âmbito da comunicação, das relações interpessoais, da liderança e do trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos (BRASIL, 2008, p. 28).

Quando se trata da perspectiva de aplicação de jogos educativos aliados ao ensino de física com enfoque na física forense, entramos num campo ainda mais restrito e pouco utilizado na prática pedagógica docente, onde trabalhar com um jogo de tabuleiro investigativo (propriamente dito) e que seja investigativo do ponto de vista forense irá aguçar

ainda mais a curiosidade do discente, aumentando o seu desejo na aquisição de novos conhecimentos. De acordo com Jann, em pesquisa, afirma-se que:

[...] os jogos didáticos entram no cenário atual, pois são práticos, fáceis de manipulação nas salas de aulas, tem um custo reduzido e promovem o processo de aprendizagem de uma maneira estimulante, desenvolvendo as relações sociais, a curiosidade e o desejo em adquirir mais conhecimento (JANN, 2010, p. 283).

Considerando que as discussões no âmbito da física forense ganharam destaque nos últimos anos, principalmente através de programas televisivos com enfoque na análise investigativa de práticas delitivas, assim como em crimes de grande repercussão, e que geralmente aguçam o interesse do jovem pela compreensão das causas de um crime, sobretudo quando estas apresentam de forma clara conhecimentos do mundo físico e natural trabalhado em sala de aula pelo docente, o objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de um jogo investigativo centrado nos conteúdos trabalhados na primeira (1ª) série do Ensino Médio, de forma que a Física Forense pudesse estar inserida de forma contextualizada e interdisciplinar no estudo de casos.

Nesse trabalho optamos pelo jogo educacional de tabuleiro, ao qual denominamos “Trilha do Crime”, como recurso didático fundamental para a redução das deficiências já observadas no ensino e aprendizagem de Física nas escolas brasileiras.

Um dos grandes perigos na elaboração de jogos é apresentar para os jogadores uma coleção de enigmas sem nenhuma ligação, tornando o jogo desinteressante. A Física é uma ciência bem subjetiva, o que já causa uma dificuldade maior de aprendizado, ao tentar abordar conteúdos em jogos nos quais estes conteúdos estejam completamente desconexos. Se isso ocorrer, provavelmente o jogo falhará nos seus objetivos.

Todavia, o desenvolvimento do jogo de tabuleiro com enfoque na Física Forense objetivou contornar grande parte desses perigos, tendo em vista que o interesse do discente pela atividade lúdica, proposta pelo jogo educacional aliada à análise de casos periciais propostos no jogo “Trilha do Crime”, procurou proporcionar ao discente o interesse pela aprendizagem dos conteúdos almejados.

### **1.3 O problema da pesquisa**

O jogo educacional de tabuleiro proposto neste trabalho como recurso didático para o ensino de Física nas escolas de Ensino Médio no Brasil tem como objetivo atingir o foco do

problema enfrentado por docentes em sala de aula no século XXI, que é, a saber: a falta de interesse dos alunos pela disciplina de Física. Além disso, visa à desconstrução de mitos depreciativos criados em torno dessa disciplina ao decurso de décadas de ensino nas escolas brasileiras.

Para Moreira essa problemática se construiu durante muito tempo e evoluiu acompanhada de diversos fatores.

A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física. Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007), no comportamentalismo de Skinner (1972). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física (MOREIRA, 2018, p. 73).

Evidentemente que, dentre todas as razões para a falta de interesse dos alunos pela Física, de imediato, podemos destacar a desvalorização da carreira docente na educação básica, que se traduz em: baixos salários, elevada carga horária semanal e falta de apoio na formação continuada, refletindo de forma direta no processo de ensino e aprendizagem.

Nos dias atuais, o sonho de todo educador é ter de seus alunos, em aula, uma fração da atenção, motivação e produtividade que esses mesmos jovens apresentam quando engajados no ato de jogar seus games preferidos. Ainda que de difícil realização, esse sonho não é impossível. O bom educador sabe que para a ocorrência de uma comunicação eficaz e produtiva deve ser empregada a linguagem do interlocutor e respeitada a sua cultura. Linguagem e cultura da nova geração de aprendizes são muito diferentes daquelas nas quais se basearam os métodos e técnicas educacionais hoje empregados. O resultado da falta de uma boa comunicação em sala de aula são alunos indiferentes, desatentos e desmotivados (TORI, 2010, p. 185).

Segundo Marc Prensky, a geração criada com o computador e com a *Internet* desenvolveu mentes em hipertextos, aprendendo a ter um raciocínio rápido, movimentando-se através de várias informações, desenvolvendo uma forma de pensar não-linear que entra em choque com o modelo de ensino sequencial que ainda predomina nos sistemas educacionais (PRENSKY, 2012, p. 71-72).

Muitas das teorias educacionais e de treinamento tradicionais estão defasadas, pois estamos vivendo uma descontinuidade. As aulas não podem mais ser expositivas, os conteúdos devem ser aprendidos pelas pessoas por meio de perguntas, descobertas,

construções, interações e, se possível, de forma divertida. Uma das razões de não termos sucesso na educação de jovens e trabalhadores é que estamos tentando educar uma nova geração com ferramentas antigas, que já não são mais eficazes (PRENSKY, 2012, p. 39).

A informática proporcionou o avanço da comunicação e da informação e trouxe outras implicações culturais, dentre elas, a cultura dos games, que tem presente a cultura da simulação. As mudanças têm sido tão rápidas e inquietantes que os pais, professores e adultos, de uma forma geral, mantêm-se receosos, inseguros, preocupados e pouco à vontade com uma tecnologia pela qual os jovens se sentem atraídos. Para os jovens, não é uma tecnologia nova, mas algo que faz parte de sua vida, o que agrava o fosso entre as gerações. A geração digital lida com naturalidade com esses domínios que fazem parte duma nova cultura (MOITA, 2007, p. 59)

A falta de interesse pela disciplina Física, que geram as dificuldades de aprendizagem relatadas sempre por nossos educandos, constitui um problema a ser solucionado e que deve passar necessariamente pela mudança de paradigmas, a fim de estreitar essa distância entre as concepções de ensino de uma geração de educadores. De acordo com o ensinamento e o aprendizado:

O que se ‘aprende’ (ou decora) hoje para as provas, nas escolas, são palavras, apenas palavras, muitas palavras. [...] As escolas utilizam ferramentas e sistemas de avaliação de ontem procurando formar pessoas para o amanhã. Estamos retornando às provas de múltipla escolha, enquanto nossos filhos jogam games cada vez mais ricos e complexos. Falta não apenas a visão de como deve ser a educação do futuro, mas inclusive quais são as habilidades essenciais para os profissionais e cidadãos de hoje (MATTAR, 2010, p. 14).

As atividades voltadas para os jogos educacionais podem dirimir definitivamente o problema existente na prática pedagógica docente citada. A presença do lúdico, da interação, da diversão e da curiosidade pela aquisição de mais conhecimento, podem representar a solução do problema para a falta de interesse dos alunos pela disciplina consolidando permanentemente essa ferramenta no âmbito do Ensino de Física.

#### **1.4 Escolha do tema**

A delimitação do tema proposto neste trabalho norteou-se no fato do programa de Pós-Graduação exigir do mestrando um produto educacional palpável e aplicável em sala de aula, objetivando o desenvolvimento de estratégias de ensino por meio de recursos eletrônicos, computacionais ou experimentais que desenvolvessem habilidades no discente, visando melhorias no aprendizado e compreensão dos fenômenos físicos. Nesse sentido, a temática da gamificação ganhou destaque por englobar em sua grande parte o

desenvolvimento de jogos educacionais e eletrônicos passíveis de uso no processo ensino aprendizagem dos fenômenos físicos trabalhados em sala de aula.

Desse modo, optamos por trabalhar com um produto educacional voltado para jogos de tabuleiro, por entendermos que o formato mencionado resgata no estudante o apreço pela interação social e seu distanciamento do mundo virtual, tão presente e marcante nos dias de hoje pelo uso do aparelho celular, e que já vem sendo apontado por diversos teóricos como fator nocivo ao desenvolvimento social, intelectual e afetivo do educando.

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) do IBGE, divulgada em 20 de dezembro de 2018, na população de 10 anos ou mais, a parcela que tinha celular para uso pessoal passou de 77,1% (2016) para 78,2% (2017). Em 2017, na área urbana, esse percentual era de 81,9%, e, em área rural, 55,8%. A pesquisa também aponta que o celular foi o equipamento mais utilizado para acessar a *Internet* no domicílio (98,7% dos domicílios em que havia utilização da *Internet*). Em 2016, esse percentual estava em 97,2%. O percentual dos domicílios que utilizaram somente telefone móvel celular para acessar essa rede também aumentou, passando de 38,6% (2016) para 43,3% (2017). Considerando que um quarto da população brasileira (24,8%) não tinha celular em 2013, os dados nos mostram que essa tecnologia está cada vez mais presente entre os jovens.

Os dados apresentados nas pesquisas ratificam que esse aumento no número de pessoas conectadas à *internet*, é responsável pela mudança que esta nova tecnologia está causando na vida das pessoas, no que tange à mudança de hábitos, padrões comportamentais e problemas gerados em decorrência disso.

O que parece ser um dado mais refinado é o impacto do uso da *Internet* sobre a vida do indivíduo, isto é, o quanto de prejuízo social, financeiro, afetivo e profissional é desencadeado pelo uso patológico desse sistema (RAZZOUK, 1998). Nos dias atuais, sabemos que o tempo de permanência conectado à *Internet*, ao celular e às mídias eletônicas, ou seja, a quantidade de horas de utilização desse instrumento gera os prejuízos retromencionados. Em 2016, a academia americana de pediatria lançou recomendações para garantir o bem-estar físico e psicológico de jovens que acessam a *internet* após compilações dos maiores estudos já feitos sobre o impacto gerado pelas mídias digitais.

O vício em *games* passou a ser considerado pela primeira vez um distúrbio mental pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A 11ª Classificação Internacional de Doenças (CID) incluiu no ano de 2018 a condição sob o nome de “distúrbio de games”. O documento descreve o problema como padrão de comportamento frequente ou persistente de vício em jogos eletrônicos, considerado grave.

Para fugir desses parâmetros relativos com relação às consequências do uso de tecnologias da informação no Ensino de Física, optamos pelo jogo de tabuleiro com viés investigativo na intenção de desenvolver e/ou aperfeiçoar aspectos sociais, cognitivos e afetivos presentes no aluno.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP)

Nunca houve tantas pessoas aprendendo tantas coisas ao mesmo tempo como em nossa sociedade atual. De fato, podemos concebê-la como uma sociedade da aprendizagem (POZO, 2002), uma sociedade na qual aprender constitui não apenas uma exigência social crescente – que conduz a um paradoxo: cada vez aprende-se mais e cada vez fracassa-se mais na tentativa de aprender, como uma via indispensável para o desenvolvimento pessoal, cultural e mesmo econômico dos cidadãos. Além disso, essas demandas, crescentes de aprendizagem, produzem-se no contexto de uma suposta sociedade do conhecimento, que não apenas exige que mais pessoas aprendam cada vez mais coisas, mas que aprendam de outra maneira, no âmbito de uma nova cultura da aprendizagem, de uma nova forma de conceber e gerir o conhecimento, seja da perspectiva cognitiva ou social (POZO, 2002).

Todavia, mudar as formas de aprender dos alunos requer também mudar as formas de ensinar de seus professores. Por isso, a nova cultura da aprendizagem exige um novo perfil de aluno e de professor, exige novas funções dos discentes e docentes, as quais só se tornarão possíveis se houver uma mudança de mentalidade, uma mudança nas concepções profundamente arraigadas de uns e de outros sobre o processo de aprender e o ensino (POZO; ECHEVERRÍA, 2001).

A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) teve sua origem nos currículos de Ciências da Saúde, na América do Norte (Estados Unidos e Canadá), por volta dos anos sessenta, como consequência da insatisfação sentida com o ensino tradicional da medicina, provocada pela explosão da informação e das novas tecnologias e pelas crescentes e permanentemente diferentes exigências colocadas pelas práticas futuras (BOUND; FELETTI, 1997). Ao contrário do que acontece no ensino tradicional, no qual os conceitos são introduzidos em primeiro lugar e logo depois seguidos de um problema de aplicação, na ABRP os alunos começam por serem confrontados com um problema, aberto e qualitativo, no qual constitui o ponto de partida para a aprendizagem (DUCH, 1996).

Considerando que o jogo investigativo proposto neste trabalho determina uma relação entre o conhecimento da Física aplicado às ciências forenses, de forma interdisciplinar e contextualizada por meios dos estudos de casos que serão apreciados pelos alunos, o trabalho cooperativo previsto na versão original do jogo será de fato evidenciado também nesse novo

formato, tendo em vista que os casos periciais colocarão o discente dentro desse contexto de investigação criminal, promovendo seu estímulo e interesse pela aprendizagem.

A vivência de situações diferenciadas em sala de aula, a discussão de assuntos controversos, a condução de investigação pelos alunos, o envolvimento em projetos interdisciplinares (realizações que implicam a seleção de informação e comunicação de resultados) conduzem, de uma forma mais completa, à compreensão do que é a Ciência (GALVÃO *et al*, 2001, p. 8)

Ao contrário do que se poderia pensar, o ensino orientado para a ABRP é uma das estratégias de ensino que mais importância dá aos conhecimentos dos alunos (ROSS, 1997), na medida em que dificilmente a solução de um problema é descoberta por acaso, mas antes exige a concretização de um processo planejado, com base em conhecimentos prévios, conceituais e procedimentais, e em novos conhecimentos, identificados como relevantes e necessários para a resolução de problemas. Nesse sentido, Echeverria e Pozo (1998) trazem a solução de problemas como um meio para uma aprendizagem não-mecânica, sistematizada.

**Tabela 1 – ABRP**

<b>FERRAMENTAS ABRP</b>	<b>APRENDIZAGEM</b>	<b>ENSINO</b>
Comunicação.	Foco no aluno.	Atitude ativa do aluno em busca do conhecimento.
Pensamento crítico.	Voltado para integração de conteúdos.	Contextualização.
Pensamento crítico.	Conhecimentos prévios dos alunos em contextos reais.	Aprendem a aprender. Resolução de problemas com maior autonomia.
Colaboração.	Professor mediador.	Situações reais são transformadas em problemas para discussões em grupo.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir do método ABRP.

A aprendizagem mecânica, por meio de resolução exercícios (difundida substancialmente no ensino de Física), tem-se mostrada ineficaz, principalmente nos dias atuais em que se torna cada vez mais difícil voltar as atenções do aluno para a sala de aula.

Nesse sentido, Reid e Yang (2002) trazem a resolução de exercícios como problemas excessivamente estruturados e massivamente aplicados em sala de aula. Pozo e Crespo (1998) entendem que, contrariamente aos problemas do cotidiano, complexos e abertos, os exercícios de modo geral se apresentam de forma mecânica, fechada e centrados na obtenção de respostas únicas, todavia, favorecendo unicamente a memorização de conceitos e definições.

**Tabela 2 – Diferença entre exercícios e problemas**

<b>Principais características dos exercícios</b>	<b>Principais características dos problemas</b>
Fechados	Abertos
Apresentam situações replicáveis	Apresentam situações complexas
Favorecem a memorização de conteúdos	Favorecem a aplicação de conteúdos
Resposta única	Soluções

Fonte: Adaptado pelo autor a partir do método ABRP.

Dentro dessa temática, devemos cuidadosamente diferenciar a resolução de problemas com a ABRP, obviamente deixando de lado, definitivamente o ensino voltado unicamente para aplicações de exercícios. O momento de aplicação do problema no processo ensino aprendizagem é o principal fator de distinção entre as duas temáticas. Com isso, podemos mostrar que a aplicação do jogo está ligada diretamente com o desenvolvimento das aprendizagens realizadas, ampliação dos conhecimentos aprendidos em sala de aula e estabelecimento dos pontos de partida dessas aprendizagens, a cada conteúdo trabalhado.

**Tabela 3 – Tipos de função dos problemas abertos**

<b>Momento de aplicação no processo ensino aprendizagem</b>	<b>Função do problema</b>
No final do processo.	Aplicação das aprendizagens realizadas.
Durante o processo.	Ampliação dos conhecimentos aprendidos.
No princípio do processo.	Estabelecimento de pontos de partida.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir do método ABRP.

Do mesmo modo, Pozo (1998, p. 14) destaca a importância da solução de problemas como uma forma de “resolver para aprender e aprender para resolver”. Ademais:

Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas também em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem com um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. Não é uma questão de somente ensinar a resolver problemas, mas também de ensinar a resolver problemas para si mesmo, a transformar a realidade em um problema que mereça ser questionado e estudado. [...] A aprendizagem da solução de problemas somente se transformará para o âmbito do cotidiano, se for gerada no aluno a atitude de procurar respostas para suas próprias perguntas/problemas, se ele se habituar a questionar ao invés de receber respostas já elaboradas por outros [...] (POZO, 1998, p. 14).

Richard Feynman (1918-1988), ganhador do Premio Nobel de Física em 1965, garantia que existe uma tática simples que ajuda a entender qualquer tema. Feynman defende em sua técnica que existem dois tipos de sabedoria: a que é focada em saber apenas o nome de algo e a que é focada em de fato saber algo. A receita para a real aprendizagem, segundo

ele, é a última – e pode ser aplicada observando quatro passos: escolha um conceito a ser aprendido, escreva esse conceito de forma mais simples possível, pesquise sobre o tema e por último, simplifique-o usando analogias para maior clareza ao tema (BECK, 2016).

Feynman pode ser considerado um dos precursores do método ABRP, pois sua técnica se mostra alinhada com o que sabemos sobre a aprendizagem baseada em problemas difundida a partir dos anos sessenta. As bases de sua técnica são a resolução dos problemas por meio de analogias, que inevitavelmente transmitem autonomia ao educando na tomada de decisões durante a resolução de um problema.

Nesse contexto, a resolução de problemas desperta no aluno a aprendizagem autônoma, em que o conhecimento é construído pela experiência e interesse do aluno aumentando sua motivação, a aprendizagem interdisciplinar, na qual a solução dos problemas pode superar as fronteiras relacionadas com a disciplina “aprendizagem experimental”, baseada em atividades variadas (tais como: pesquisa, tomada de decisões e redação de textos) e a aprendizagem colaborativa, responsável por desenvolver competências interpessoais e de cooperação.

## **2.2 Interação Social de Vygotsky**

Fundamenta este trabalho, além da ABRP, a teoria do interacionismo social de Lev Vygotsky, que considera a interação social instrumento essencial no desenvolvimento do conhecimento. A conversão das relações sociais em funções mentais é mediada e faz uso de instrumentos e signos. Assim sendo:

Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa: um signo é algo que significa alguma outra coisa [...] As palavras, por exemplo, são signos linguísticos, os números são signos matemáticos: a linguagem, falada e escrita, e a matemática são sistemas de signos (MOREIRA, 1999, p. 111).

Considerando que a forma de trabalhar o jogo investigativo, proposto com os alunos, pode ser de forma cooperativa (levando-se em conta a interação entre os alunos) e competitiva (jogando contra o tempo), fica evidente o caráter interacionista dos agentes envolvidos nesse processo. De acordo com essa perspectiva:

Diferentemente de outros teóricos cognitivistas como, por exemplo, Piaget e Ausubel, que focalizam o indivíduo como unidade de análise, Vygotsky enfoca a interação social. Sua unidade de análise não é nem o indivíduo nem o contexto, mas a interação entre eles (MOREIRA, 1999, p. 112).

A interação social é, portanto, na perspectiva vygotskyana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de “inter” para “intrapessoal”) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído (MOREIRA, 1999). Conforme tal ideia:

Uma definição de interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações. (O par, ou díade, é o menor microcosmo de interação social.) implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, a interação social supõe envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos (GARTON, 1992, p. 11).

Para Vygotsky, essa interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. Contudo, seus mecanismos são difíceis de identificar, qualificar e quantificar com precisão (MOREIRA, 1999).

O estudante deve estar motivado para que a aprendizagem possa ocorrer. Essa motivação pode ser estabelecida com o desenvolvimento no aluno por um processo denominado “expectativa”, que é uma antecipação da “recompensa” que ele obterá quando atingir algum objetivo (MOREIRA, 1999, p. 68).

Bruner (1976) concentra suas atenções na predisposição para explorar alternativas partindo da premissa que o estudo e a Resolução de Problemas baseiam-se na exploração de alternativas. Ele, da mesma forma, propõe que a instrução deverá facilitar e ordenar tal processo por parte do discente. Para isso:

A condição básica para ativar a exploração de alternativas, em uma tarefa, é ter um nível ótimo de incerteza. Curiosidade é uma resposta à incerteza e à ambiguidade. Rotinas esclerosadas provocam pouca ou nenhuma exploração; rotinas por demais incertas despertam confusão e angústia, reduzindo a tendência a explorar. Uma vez iniciada a exploração, sua manutenção exige que os benefícios das alternativas exploradas excedam os riscos envolvidos (BRUNER, 1976, p. 51).

Os jogos educacionais em seus conjuntos de regras e signos proporcionam quase sempre o lúdico ao jogador. A interação, a diversão, a brincadeira, não caminham sozinhas, longe das influências do meio externo, pois são dotadas de uma significação social e não de uma atividade puramente individualista.

A cultura lúdica nasce com o desenvolvimento da criança, ou seja, ela vai moldando-se de acordo com sua formação social. A multiplicação dos brinquedos eletrônicos e o surgimento dos *videogames* mudaram a experiência lúdica de muitas crianças. Quem constrói

o lúdico é a própria criança, brincando. O jogo é lugar de construção de cultura e é produto das interações sociais (BROUGÈRE, 2002).

Vigotsky diferencia esses estágios de desenvolvimento da criança em: 1) Nível de desenvolvimento real, aquilo que a criança consegue realizar sozinha; 2) A zona de desenvolvimento proximal; e 3) Nível de desenvolvimento potencial. Nesse aspecto, o professor é o mediador na construção dos conhecimentos. Ou seja, a construção do tabuleiro, o desenvolvimento de cartas do jogo ou o fornecimento de pistas, darão ao aluno a sensação de estar inserido numa atividade lúdica.

Obviamente, percebemos a importância do professor como mediador, como um elemento intermediário, externo: uma “ferramenta auxiliar da atividade humana” (OLIVEIRA, 1993, p. 27). Para Vigotsky, a mediação consiste em fazer de um processo simples de estímulo-resposta um ato complexo por ser mediado, em que a relação deixa de ser direta e passa a ter a intervenção de um elemento externo.

O professor coloca-se no papel de mediador, isto é, na relação existente entre a criança e seu desenvolvimento. Dessa maneira:

A intervenção pedagógica provoca avanços que não ocorreriam espontaneamente, a importância da intervenção deliberada de um indivíduo sobre outros como forma de promover desenvolvimento articula-se com um postulado básico de Vigotski: a aprendizagem é fundamental para o desenvolvimento desde o nascimento da criança. A aprendizagem desperta processos internos de desenvolvimento que só podem ocorrer quando o indivíduo interage com outras pessoas (OLIVEIRA, 1993, p. 33).

Devemos entender que a mediação não acontece apenas quando o professor interfere diretamente numa atividade. A sua presença, a organização do espaço, dos objetos e dos horários são também exemplos de mediação. Brougère (2001) afirma que o papel do professor na brincadeira é construir um ambiente estimulante e motivador onde a figura do professor mediador criará um ambiente também mediador do brincar.

O ensino voltado para a ABRP, com o uso de jogos educacionais, poderá inserir definitivamente o aluno no contexto da aprendizagem, pois além de afastar o aluno da rotina educacional, presente nos dias atuais, permitirá sua inserção e interação com os demais alunos envolvidos nesse processo. “A interação social, portanto, é o “motor” do desenvolvimento cognitivo humano e possui fundamental papel na construção do ser humano, já que é por meio da relação interpessoal que o indivíduo internaliza as formas culturalmente estabelecidas” (PROCHNOW; VIEIRA; MARCHESAN, 2015, p. 233).

### 2.3 A Física Forense e o Ensino de Física

As ciências forenses, de modo geral, vêm se destacando atualmente na mídia televisiva, principalmente com a difusão de programas com apelo investigativo, no qual o objetivo principal é a elucidação de crimes com o auxílio de profissionais que fazem uso do conhecimento científico e técnico. Conectado a essa temática, os meios televisivos abordam também as investigações de crimes por meio de telejornais ou programas de caráter policial, inserindo a população dentro de todo esse contexto de informação.

Segundo Hernández e Robles (1995), a televisão é o meio de comunicação preferido pelo grande público, servindo não somente para uso exclusivo de entretenimento, mas também como instrumento de socialização, interferindo diretamente nas ações e no padrão de consumo. Nesse contexto, séries televisivas como “CSI” (*Crime Scene Investigation*), “Criminal Minds” (Mentes Criminosas), dentre outras, ganharam destaques e, principalmente, atenção dos jovens que percebem a inserção dos conhecimentos praticados em sala de aula introduzidos numa investigação criminal por investigadores na tentativa de elucidar um crime.

O que se pode observar com clareza nos seriados televisivos (com apelo investigativo) é que, na maioria das investigações ali praticadas, nos deparamos com situações fictícias, que nem sempre fazem uso direto dos conteúdos trabalhados em sala de aula pelo professor de Física. Uma cena de crime é, na maioria das vezes, um campo interdisciplinar de conhecimento. Nessa perspectiva, inserir a Física Forense nessa temática pode gerar uma oportunidade grandiosa de aprendizagem ao aluno.

O ensino de física proposto através de um jogo investigativo, inserindo a física forense como mediadora entre o conhecimento físico praticado em sala de aula e os casos periciais apresentados no jogo, aproximará o aluno dentro da temática proposta nesse trabalho: desenvolvimento dos conteúdos estudados na primeira série do Ensino Médio associados à prática investigativa sugerida no jogo.

É dentro dessa perspectiva que o ensino de ciências por investigação se torna uma importante estratégia de ensino e aprendizagem. Segundo Maués e Lima (2006), os alunos que são colocados em processos investigativos, envolvem-se com a sua aprendizagem, constroem questões, levantam hipóteses, analisam evidências e comunicam os seus resultados (SÁ *et al*, 2007, p. 3).

O jogo de tabuleiro “Trilha do Crime” proposto neste trabalho apresenta em suas ênfases uma estratégia de ensino e aprendizagem da Física por investigação, tanto do ponto de vista de construção do conhecimento como também para a manutenção do senso de justiça

social do aluno, tendo em vista que os casos periciais apresentados durante o jogo contribuirão para a investigação criminal elencada pelo discente para elucidação de um crime.

Desenvolvemos um jogo de tabuleiro investigativo que fez a análise de cinco casos periciais reais e/ou fictícios que englobassem tópicos da Física Forense. Como já mencionado, a busca pela elucidação de um crime faz uso de conhecimentos da Física Forense. Nesse contexto, trabalhamos com os seguintes conteúdos, os quais estiveram inseridos dentro dos casos apresentados: a) Movimentos sob ação da gravidade: Queda livre, movimento vertical e lançamento horizontal; b) Dinâmica: As leis de Newton; c) Impulso e Quantidade de Movimento; d) Energia.

Na apresentação dos casos periciais, o discente fez uso dessa sequência de conteúdos para tentar elucidar um possível crime, resolvendo os problemas propostos à medida que o jogo fosse prosseguindo.

É importante ressaltar que em todo o trabalho de determinação da dinâmica dos diversos crimes estudados durante o processo ensino aprendizagem por meio do jogo “Trilha do Crime”, o discente esteve conectado à várias disciplinas, em face da interdisciplinaridade explícita no estudo dos casos apresentados, sendo evidente também a contextualização dos conteúdos administrados inseridos em cada investigação proposta pelo jogo educacional.

## **2.4 Aprendizagem Gamificada**

Não há dúvidas que a educação sofreu diversas modificações nos últimos anos. As tecnologias digitais possibilitaram formas diversas e inovadoras de trabalhar, de construir e de se expressar. Atualmente as escolas lidam com estudantes que desenvolveram uma forma de organizar o pensamento com base em meios não só analógicos, mas também digitais, e essa combinação está permitindo um nível de ação e de interação mais dinâmico e instantâneo. Essa forma de se relacionar com o mundo é potencializada pelas diferentes mídias disponíveis, como aplicativos de mensagens instantâneas, mídias sociais e *games* (EUGÊNIO, 2017).

As infinitas possibilidades de socialização, aprendizagens e criação da cultura digital são mais tentadoras para a atenção do que o típico currículo escolar burocrático. Essa suposta concorrência pela atenção do estudante tem promovido uma revolução na educação e ascensão de novas abordagens e metodologias ativas da aprendizagem, entre elas a gamificação (EUGÊNIO, 2017). Segundo o pesquisador de estratégias multimídia Karl Kapp

(2012), do Instituto para Tecnologias Interativas da Universidade Bloomsburg, na Pensilvânia:

A gamificação pode ser definida como o uso das mecânicas baseadas em jogos, da sua estética e lógica para engajar as pessoas e motivar ações, promover a aprendizagem e resolver problemas em contextos que não são de jogos. Estes oferecem condições e incentivos eficazes para que os jogadores se engajem e tenham seu comportamento orientado para atingir metas. Além disso, os jogos desencadeiam o status do jogador. Como se fosse mágica, o “sentir-se um jogador” empodera as pessoas que passam a correr riscos que não correriam na vida real. Essa habilidade suscita a ideia de que, se a gamificação pode prover um ambiente mais motivador para a aprendizagem, podemos engajar mais os estudantes em atividades escolares, favorecendo assim sua aprendizagem (KAPP, 2012, p. 125).

Além do aspecto motivacional, balizado especialmente pela recompensa (tangível ou intangível), a gamificação pode modular o nível de atenção e esforço de concentração, tornando-se assim uma técnica adequada e com respaldo científico para ser utilizada em processos de ensino e aprendizagem (EUGÊNIO, 2017).

A imagem a seguir retrata a situação de um local onde possivelmente pode ter ocorrido um crime, abordada no jogo “Criminal Case”. A princípio, as observações verificadas para a elucidação do suposto crime com o auxílio da Física Forense são de análise dificultosa ou limitada, tendo em vista que o jogo não insere a Física em todo o seu contexto de investigação, apesar de apresentar uma estrutura física moderna e que prende a atenção do jogador pela beleza de cores e riqueza de detalhes nas imagens nas cenas de crimes. Transferindo essa mesma temática para um jogo de tabuleiro, conseguiremos sem dúvida, trabalhar com a Física Forense de forma mais intrínseca, ratificando a ABRP como estratégia de ensino essencial para a aprendizagem do estudante.

**Figura 1** – Tela de estudo de um caso do jogo “Criminal Case”



Fonte: *Internet*.<sup>1</sup>

Jogos digitais como “Criminal Case” e “CSI Hidden Crimes”, ou de tabuleiro como “Detetive Criminal”, visam exclusivamente o entretenimento do jogador, ao contrário dos jogos educacionais que visam o processo ensino e aprendizagem de conteúdos que são apresentados pelo professor e ajustados dentro do jogo para possibilitar além de jogabilidade e entretenimento ao estudante.

A gamificação é um dialeto que emergiu a partir dos jogos digitais. A emergência dessas tecnologias digitais transformou esse dialeto em uma linguagem própria. Entenda o termo da seguinte forma: gamificação é uma linguagem que pode ser aplicada em contextos não associados diretamente a jogos. Enquanto linguagem, a gamificação extrapola a estrutura do jogo e mistura-se com o dia a dia do usuário – você mal percebe que ela faz parte do seu cotidiano quando utiliza *LinkedIn*, *Wase*, *Instagram*, *Facebook*, ou quando ainda faz questão de utilizar o cartão de crédito para acumular milhas e depois trocar por uma passagem aérea (EUGÊNIO, 2017).

Jogos educacionais em forma de tabuleiro também podem ser considerados uma estratégia de ensino da gamificação. Entretanto, eles podem se apresentar como uma ferramenta arriscada, pois ao contrário dos jogos digitais, que apresentam beleza de cores e riqueza de detalhes e movimentos, o jogo de tabuleiro pode apresentar-se de forma menos prazerosa e desestimulante, tendo em vista que o professor e mediador deve sempre procurar associar conteúdos trabalhados em sala de aula com o material apresentado no jogo.

<sup>1</sup> Disponível em: [http://de.criminal-case.wikia.com/wiki/Datei:Schmutziges\\_Bad.png](http://de.criminal-case.wikia.com/wiki/Datei:Schmutziges_Bad.png). Acesso em: 9 mar. 2019.

Os jogos didáticos são uma ferramenta pedagógica bem conhecida na área acadêmica, porém pouco compreendida e usada na prática docente. É uma forma bem enriquecedora a ser trabalhada no dia-a-dia, em sala de aula, porque além de possibilitar uma boa alternativa de aprendizado, torna-se também, uma forma lúdica de ensinar (PINTO, 2009, p. 25).

O trabalho aqui proposto procurou trabalhar sistematicamente com a temática da gamificação, mas deixando de lado os jogos compostos por mídias digitais, em face de sua utilização considerar basicamente a pouca interação entre os jogadores, bem como a dificuldade de se aplicar em qualquer ambiente escolar e a qualquer hora. O jogo educacional de tabuleiro “Trilha do Crime” conectou o aluno a toda essa estrutura educacional proposta, são eles: estudo da Mecânica, estudo da Física Forense, além da interdisciplinaridade e contextualização.

## 2.5 Interação lúdica significativa

Um dos grandes pilares da interação social durante uma partida de um jogo de tabuleiro é o desenvolvimento das estratégias do jogo, também denominadas de jogabilidade. A criação de um jogo, seja ele digital ou de cartas, deve passar necessariamente pelo *designer* de jogos, que não é apenas o responsável pela criação do jogo propriamente dito, ele irá projetar a jogabilidade. Segundo Newman (2004), *gameplay* ou jogabilidade é o que não muda no jogo mesmo quando sua interface gráfica é modificada, ou seja, as regras e o modo de jogar.

Prensky (2002), citado em seus estudos por Goldoni (2014), destaca o papel cada vez mais fundamental que aspectos da *gameplay* em jogos podem assumir como fatores de motivação para atividades de estudo e desenvolvimento. Também recomenda que se deva analisar o crescimento acelerado da indústria dos jogos eletrônicos, especialmente a partir do final da década de 1990, pois os jogos, aliados aos incrementos nas tecnologias de comunicação e informação, modificaram profundamente as formas com que se dão a comunicação e a interação social.

O jogo educacional “Trilha do Crime” apresenta em suas ênfases à particularidade de conter partidas únicas, ou seja, cada caso depois de solucionado dificilmente proporcionará nos jogadores a mesma interação e o mesmo entretenimento apresentado no primeiro contato com os casos, comprometendo a jogabilidade. Para contornar esses obstáculos, o *designer* do jogo apresentado em seus primeiros protótipos não foi aplicado até que se fizesse um estudo detalhado dos resultados que poderíamos esperar durante uma eventual partida.

Após a confecção dos primeiros protótipos, o jogo passa pelos testes de jogabilidade, que irão aperfeiçoar as regras do jogo. Essa etapa teve seu papel minimizado, considerando que os primeiros protótipos do jogo não poderiam ser jogados em face do risco de se comprometerem com relação à interação entre os jogadores durante a evolução dos casos.

Esse conjunto de regras e as respostas alcançadas durante uma partida de um jogo motivam o jogador e mostram que este está no caminho certo, transmitindo-lhe a sensação de prazer e satisfação no decorrer de uma partida. Ou seja, assim sendo, facilmente teremos a presença do lúdico durante uma partida do jogo.

Johan Huizinga (1995), um dos maiores estudiosos de jogos do século XX, apresenta o conceito de “significação” em um jogo: “Ele [o jogo] é uma função significativa, ou seja, há algum sentido para ele. No jogo, existe alguma coisa ‘em jogo’ que transcende as necessidades imediatas da vida e dá sentido à ação. Todo jogo significa alguma coisa”.

Essa afirmação reflete a importância do jogo para a criação de significados no jogador (aluno), tendo em vista que o jogo educacional proposto neste trabalho possui caráter multidisciplinar e contextualizado. Os casos trabalhados apresentam um espaço de troca de saberes, em que os alunos irão construir seus significados a partir da associação entre os conteúdos de mecânica presente no jogo e a temática de cada caso que será solucionado.

Aprender a criar boas experiências de jogo para os jogadores, ou seja, experiências que têm sentido e são significativas, é uma das metas do *design* de jogos de jogos bem-sucedido, talvez a mais importante. A esse objetivo dá-se o nome de interação lúdica significativa (SALEN; ZIMMERMAN, 2012). Ainda, segundo essa perspectiva:

A interação lúdica significativa em um jogo surge da relação entre a ação do jogador e o desfecho do sistema; é o processo pelo qual um jogador toma medidas no sistema projetado de um jogo e o sistema responde à ação. O significado de uma ação em um jogo reside na relação entre ação e resultado (SALEN; ZIMMERMAN, 2012, p. 49).

A interação lúdica significativa ocorre quando as relações entre ações e resultados em um jogo são discerníveis e integradas no contexto maior do jogo. Ou seja, é importante para o jogador perceber que determinada ação durante uma partida resultou em algum aspecto, seja ele positivo (ganho de um bônus, por exemplo) ou negativo (rodadas sem jogar ou perda de pontos, por exemplo), podem interferir de forma imediata ou em qualquer outro momento do jogo. Discernibilidade e integração são os principais fundamentos da interação lúdica significativa.

### 3 ESTUDO DO MOVIMENTO DOS CORPOS

#### 3.1 Movimento vertical no vácuo

O movimento dos corpos próximo da superfície terrestre sempre foi objeto de estudo de muitos cientistas. Aristóteles, o precursor das primeiras análises, entendia que, ao abandonarmos dois corpos de massas diferentes a partir de uma mesma altura, os intervalos de queda seriam sempre diferentes, e que os corpos mais leves sempre atingiriam o solo após os corpos mais pesados. Essa forma de análise ainda é objeto de compreensão de muitos alunos da educação básica. Tal fato pode ser explicado em face da grande dificuldade dos alunos ao observarem os movimentos sem levarem em conta a força de resistência do ar, e que pode ter sido decisivo para que essa teoria de Aristóteles tenha se mantido por quase dois mil anos.

Contrariando Aristóteles, Galileu baseava-se no método experimental, do qual foi considerado precursor, para mostrar que corpos de massas diferentes (abandonados de uma mesma altura) cairiam simultaneamente, chegando ao solo no mesmo instante. Como podemos observar, é provável que, deixando cair uma pena e uma bola de gude, a partir de um mesmo ponto e num mesmo instante, a bola de gude atingirá o solo com maior rapidez. Entretanto, podemos demonstrar que esse efeito ocorre porque o ar atua de forma que retarda o movimento da pena. Se fizermos o mesmo experimento numa região onde se faça vácuo, ambos cairão simultaneamente e ao mesmo tempo no solo, ratificando aquilo que afirmava Galileu.

Galileu conseguiu verificar após alguns experimentos que o movimento de queda livre é uniformemente acelerado, ou seja, os objetos caem com aceleração constante. Essa aceleração de queda é denominada aceleração da gravidade e seu valor nas proximidades do solo é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . São válidas as equações do movimento uniformemente variado para análise do movimento. Considerando que a aceleração instantânea é constante, temos:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{x}}{dt^2}$$

Equação 3.1.1
---------------

Para determinar a equação da velocidade devemos considerar o intervalo de tempo  $\Delta t$  compreendido entre os instantes inicial e final. Assim, podemos escrever:

$$v(t_1) - v(t_0) = \int_{t_0}^{t_1} a(t) dt$$

Equação 3.1.2

Assim sendo, a equação da velocidade pode ser escrita como:

$$v(t_1) = v(t_0) + a(t_1 - t_0)$$

Equação 3.1.3

A equação da posição pode ser expressa por:

$$x(t_1) = x(t_0) + v_0(t_1 - t_0) + \frac{1}{2}a(t_1 - t_0)^2$$

Equação 3.1.4

As equações da velocidade e posição nos permitem chegar à equação de Torricelli, demonstrada por:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$$

Equação 3.1.5

É importante frisar que essas equações valem para o movimento de subida, se considerarmos que nesse caso o movimento é retardado, e no movimento de descida, quando houver aplicação de uma velocidade inicial diferente de zero ao móvel.

Portanto, as experiências de Galileu, e muitas outras posteriores, acabaram estabelecendo-se como fato experimental de que o movimento de queda livre de um corpo solto ou lançado verticalmente, na medida em que a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, em que a aceleração é a mesma para todos os corpos (embora sofra pequenas variações do ponto a ponto da Terra).

### 3.2 Lançamento horizontal

No lançamento horizontal, temos sempre a composição de dois movimentos simultâneos e independentes: um movimento vertical, que ocorre sob ação exclusiva da gravidade, e um movimento horizontal, que não há ação da aceleração da gravidade, pois o movimento ocorre com velocidade constante. O movimento vertical é regido pelas equações do movimento uniformemente variado e o movimento horizontal é regido pela equação da posição do movimento uniforme.

Para determinar o tempo de queda do corpo, desprezando-se a força de resistência do ar ou demais atritos, é necessária uma aplicação da equação da posição do movimento uniformemente variado. Assim, podemos encontrar o tempo de queda, obviamente, conhecendo a altura de queda do corpo. É possível ainda, encontrar a componente vertical da velocidade do corpo em qualquer ponto da trajetória, inclusive no ponto onde colide com o solo.

O alcance horizontal é possível determinar utilizando a equação da posição do movimento uniforme, tendo em vista que o movimento do corpo na direção horizontal se processa de maneira uniforme. A componente horizontal da velocidade, como já vimos, permanece inalterada. Com isso, podemos encontrar o valor da velocidade resultante do corpo ao tocar o solo. Essa situação é descrita no primeiro caso do jogo, no qual devemos determinar parâmetros de alcance, velocidade horizontal e tempo de queda de um corpo que sofre precipitação ao cair do 8º andar de um edifício. Obviamente, a força de resistência do ar não pode ser desprezada por se tratar de parâmetro crucial para determinação da dinâmica do movimento de queda do corpo. Entretanto, como a elucidação do caso está condicionada a uma série de evidências, e não somente aos efeitos de resistência do ar observados, podemos desconsiderar tais efeitos, para fins de celeridade ao andamento do jogo.

### **3.3 As leis de Newton**

Os princípios básicos da Dinâmica foram formulados por Galileu e por Newton. As aplicações desses princípios norteiam-se pela adoção de métodos intuitivos, criados pelo senso comum por meio da noção de força. Quando exercemos esse esforço muscular para puxar ou empurrar um objeto, estamos aplicando-lhe uma força, e assim, como consequência, podemos definir a força como um agente físico capaz de provocar em um corpo uma deformação ou mudança de sua velocidade vetorial.

A atuação da força pode ocorrer de duas maneiras, por meio: da interação de contato ou da interação de campo. Por exemplo, quando usamos um ímã para atrair pregos, conseguimos o feito sem que tenhamos tocado nos pregos com o ímã. Esse processo é denominado interação de campo. Quando empurramos um carrinho, ou quando chutamos uma bola num jogo de futebol, temos uma interação de contato.

Há aproximadamente três séculos, o físico e matemático inglês Isaac Newton, baseado em suas observações e de outros cientistas, formulou três princípios fundamentais para responder e solucionar problemas do movimento dos corpos. Esses princípios ficaram

conhecidos como “leis do movimento”, enunciados em sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, de 1686. São conhecidos com as leis de Newton do movimento dos corpos: primeira, segunda e terceira leis.

A primeira (1ª) lei de Newton ou princípio da inércia, afirma que os corpos tendem a manter-se em estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme, a menos que um agente externo interfira nessas condições. É pertinente ressaltar que o princípio da inércia não se aplica em qualquer referencial. Os referenciais em que a primeira lei de Newton é válida são chamados de referenciais inerciais. Essa consequência se dá pelo fato das interações ocorrerem não só pelo contato, mas também à distância, como interações de caráter gravitacional, elétrico ou magnético.

Newton formulou a segunda (2ª) lei, a partir das considerações sobre o estudo da quantidade de movimento dos corpos, denominando, a princípio, de momento linear ou simplesmente *momento*. Newton definiu que a quantidade de movimento era estritamente relacionada à massa de um corpo e sua velocidade, determinando que essa grandeza fosse resultado do produto da massa pela velocidade, expressada por:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad \text{Equação 3.3.1}$$

Considerando que  $m$  não varia com o tempo, podemos derivar ambos os membros dessa equação, desconsiderando sistemas de massa variável. Assim, temos:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{m d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a} \quad \text{Equação 3.3.2}$$

Portanto, chegamos à formulação da segunda lei de Newton. A variação da quantidade de movimento é proporcional à força aplicada na mesma direção. A força é a taxa de variação do momento linear com o tempo, expressada por:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F} \quad \text{Equação 3.3.3}$$

Todas essas considerações baseiam-se na dinâmica de uma partícula, tratando os corpos como partículas isoladas. Nesses casos, em que as forças são de contato, não é possível determinar o local de aplicação da força. Para tal, devemos considerar a aplicação da força no centro de massa do corpo.

A terceira (3ª) lei de Newton é explicada também pelo princípio da conservação do momento, para os casos em que a força é de contato. Assim: “A toda ação corresponde uma reação igual e contrária, ou seja, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos” (NEWTON, 2002 *apud* NUSSENZVEIG, 2002, p. 104). Todavia, é importante destacar que os pares de forças “ação” e “reação” estão sempre aplicados em corpos distintos.

### 3.4 Conservação da quantidade de movimento

Quando aplicamos uma força em um corpo qualquer, as consequências da atuação dessa força estão relacionadas também com o tempo de contato ou interação do agente (que aplica a força com o agente que receberá a força). Isso ocorre, por exemplo, quando deixamos cair sob um solo rígido um ovo e quando deixamos o mesmo cair sob o colchão de uma cama. Obviamente as chances do ovo quebrar na primeira ocasião são elevadas. Ao tocar o colchão, o intervalo de tempo de contato do ovo com o colchão é bem maior que no contato do ovo com o solo rígido. A grandeza física associada a esse experimento é o impulso.

O teorema da conservação da quantidade de movimento é a relação que existe entre o impulso e a quantidade de movimento de um corpo. Para um sistema isolado, a quantidade de movimento se conserva. Como já vimos, expressada por:

$$\frac{dp}{dt} = \mathbf{F}$$

Equação 3.4.1
---------------

No qual,  $F$  é uma força externa, ou seja, a taxa de variação com o tempo do momento total de um sistema de partículas é igual à resultante das forças externas que atuam sobre o sistema. Assim sendo, o anulamento da resultante das forças externas é equivalente à conservação do momento total do sistema, expressada por:

$$F = 0 \leftrightarrow p = \text{constante}$$

Equação 3.4.2
---------------

Portanto, esse é o princípio da conservação do momento total para um sistema de partículas, para a ausência de forças externas, ou seja, para um sistema isolado. Como aplicação, consideremos uma colisão unidimensional totalmente inelástica. Essa é a situação descrita no terceiro caso do jogo proposto nesse trabalho, onde após a colisão os veículos

permanecem unidos, formando um único conjunto de massa  $m_1+m_2$  e velocidade final  $V$ . A conservação do momento pode ser escrita como:

$$p_0 = m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)V = p \quad \text{Equação 3.4.3}$$

Portanto, a conservação do momento por si só é suficiente para solucionar os parâmetros finais desse tipo de choque.

### 3.5 Energia Mecânica

A energia é um dos conceitos mais importantes na Física, e talvez o termo Energia seja um dos mais usados em nossa linguagem cotidiana. Embora não haja definição consensual entre os físicos, em virtude de sua vasta aplicação e modalidades em que se manifesta, sempre conseguimos compreender seu significado.

Podemos dizer que a Energia pode se apresentar de diversas formas, como: química, térmica, atômica, nuclear, mecânica, elétrica, entre outras. Em Física, definimos energia como a capacidade de um corpo produzir trabalho. Nesse sentido, se associamos a Energia ao trabalho, devemos entender que a Energia deve estar associada à ação de uma força, pois o trabalho é sempre realizado por uma força, seja ela constante ou variável. Todavia, como pode ser associada ao trabalho, ambos têm dimensão do produto da força pelo deslocamento, de modo que as unidades *SI* são correspondentes e medidas em *joule (J)*.

Quando a capacidade de realizar trabalho está relacionada com o movimento, a energia é chamada de energia cinética. Porém, se a capacidade de realizar trabalho estiver relacionada com a posição de um corpo, ela é chamada de energia potencial. A energia potencial pode ser classificada como: gravitacional ou elástica. A energia cinética está associada ao movimento e depende da massa do corpo e de sua velocidade, expressada por:

$$T = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{Equação 3.5.4}$$

A energia potencial gravitacional está relacionada à posição que o objeto possui em relação a um determinado referencial. Considerando o movimento vertical, com eixo  $Oz$  dirigido para cima, temos  $F = -mg$ . Na situação inicial, em que um bloco está em repouso à

altura  $z_0$ , sua energia pode ser determinada pela equação a seguir. Assim o trabalho é dado por:

$$W = -mg \int_{z_0}^{z_1} dz = -mg(z_1 - z_0) = -(U_1 - U_0) = -\Delta U$$

Equação 3.5.5

Nesse caso a energia potencial da partícula será expressa por:

$$U(z) = mgz$$

Equação 3.5.6

Dessa forma, a energia total de uma partícula de massa  $m$  no campo gravitacional próximo da superfície terrestre será dada por:

$$E = T + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$$

Equação 3.5.7

O movimento do projétil apresentado no “Segundo Caso” do jogo expõe uma situação de aplicação do Teorema da Energia Cinética. Nessa ocasião, temos um projétil de massa  $m$ , passando por um ponto  $A$ , com velocidade  $v_0$ , e em seguida por um ponto  $B$ , com velocidade  $v$ , após percorrer a distância  $d$  no interior de um bloco. Supondo que no projétil atue uma força de Resistência  $R$  que age como força resultante, na mesma direção do deslocamento do projétil e em sentido oposto, podemos demonstrar que o trabalho dessa força é igual à variação da energia cinética. A equação do movimento é dada pela segunda lei de Newton, expressada por:

$$F = ma = \frac{mdv}{dt}$$

Equação 3.5.8

Nesse caso,  $v$  é a velocidade da partícula para um deslocamento infinitésimo  $dx$ , ou seja:

$$dx = vdt = \frac{dx}{dt} dt$$

Equação 3.5.9

Por definição, o trabalho realizado em um deslocamento finito entre duas posições  $x_0$  e  $x_1$  pode ser escrito na forma:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} F(x) dx \quad \text{Equação 3.5.10}$$

Assim, para deslocamentos  $\Delta x$  suficientemente pequenos, em que  $dx$  confunde-se com  $\Delta x$ , o trabalho pode ser escrito também na forma:

$$W = \int_{t_0}^{t_1} \frac{mv dv}{dt} dt \quad \text{Equação 3.5.11}$$

Fazendo a integralização, iremos obter:

$$W = \int_{x_0}^{x_1} F(x) dx = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = T_1 - T_0 = \Delta T \quad \text{Equação 3.5.12}$$

Portanto, o trabalho realizado por uma força qualquer sobre uma partícula é igual à variação da energia cinética da partícula entre as posições final e inicial. Com isso, podemos determinar a velocidade do projétil de imediatamente antes de atingir o bloco. Do mesmo modo, quando o objeto está ligado à extremidade de uma mola comprimida (ou esticada) possuirá energia potencial elástica. A mola comprimida exerce uma força sobre o objeto (lei de Hooke), que realiza um trabalho sobre ele quando abandonamos de um certo ponto. Nesse caso, o trabalho é dado por:

Equação 3.5.13

$$W = \int_{x_0}^{x_1} F(x) dx = -k \int_{x_0}^{x_1} x dx = -\frac{k}{2} (x_0 + x_1)(x_1 - x_0) = -\left(\frac{1}{2} kx_1^2 - \frac{1}{2} kx_0^2\right)$$

Desta feita, a conservação da energia apresentará o seguinte formato:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 + U(x) = \text{constante} \quad \text{Equação 3.5.14}$$

Esse princípio é sempre válido em qualquer fenômeno que ocorra na natureza, seja ele elétrico, térmico, químico, entre outros. A conservação da energia mecânica é uma particularidade desse princípio e somente existirá se considerarmos apenas a atuação de forças conservativas no sistema. Nesse caso a energia total se conserva sempre.

## 4 ASPECTOS DA FÍSICA FORENSE

### 4.1 A Física nos locais de crime

O local de crime compreende a região onde o Perito Criminal tomará como base para o início de seu trabalho investigativo. Nesse local, o Perito terá contato com informações de toda natureza, sejam elas relevantes ou não. Assim, é imprescindível distinguir com clareza aquilo que tem relação direta com o fato ocorrido.

A análise de locais de crime pelo Perito Criminal, em regra, será sempre multidisciplinar e contextualizada, em face da gama de informações presentes numa cena de crime. Obviamente, a Física estará presente quando houver aparente movimento, seja de projéteis expelidos por uma arma de fogo, seja pela queda do corpo de uma pessoa da sacada de um prédio ou até mesmo da colisão entre dois veículos ao executarem uma curva. Aliado aos fenômenos físicos, temos ainda os fenômenos biológicos, químicos, ou de ordem médico-legal presentes numa cena de crime.

Independentemente de sua formação superior, o Perito Criminal deverá dominar o conhecimento da física básica, tendo em vista que ela estará presente em todos os casos de morte violenta, incêndios, explosões ou acidentes de trânsito.

Ao iniciar a busca por elucidação de um crime, o Perito deve analisar cada prova material encontrada no local de crime. Essas provas são denominadas de vestígios e podem mostrar cientificamente como ocorreu o fato investigado, dando, portanto, suporte para a autoridade judicial julgar o fato e aplicar as penas cabíveis aos responsáveis pela ação delituosa. Nesse sentido, entende-se que os:

Vestígios são sinais, dados materiais, resquícios perceptíveis pelos sentidos, manifestações físicas que se ligam a um ato ou fato ocorrido ou cometido, isto é, a infração penal. A apreciação desses dados materiais pelos sentidos é que constitui o exame de corpo de delito (DEMERCIAN; MALULY, 2001, p. 12).

Os vestígios podem ter relação com o autor da prática penal, e muitas vezes convergem para se tornarem evidências. Assim, é prudente analisar um local de crime com os olhos voltados para a prova material, para a Física presente nas entrelinhas de uma cena de crime, pois essa análise tornará um vestígio físico em uma evidência de um crime.

No quadro a seguir, apresentamos locais de crimes de natureza variadas e os parâmetros da Física que podemos encontrar nessas cenas de crime.

**Tabela 4** – Cenas de crime e conteúdos de Física presentes

<b>CENA DE CRIME</b>	<b>CARACTERÍSTICA DO LOCAL</b>	<b>VESTÍGIOS E/OU EVIDÊNCIAS RELACIONADAS COM A FÍSICA</b>
<b>Incêndio</b>	Multiplicidade de focos Curto-circuito	Transmissão do calor Eletrodinâmica
<b>Acidente de Trânsito</b>	Colisão entre veículos Ocorrência com vítimas	Mecânica
<b>Morte por precipitação</b>	Vítima queda de relativa altura	Movimento sob ação da gravidade
<b>Disparo de arma de fogo</b>	Projétil no local de disparo Manchas de sangue	Velocidade Energia
<b>Explosão</b>	Presença de cilindros de gás	Energia

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

#### 4.2 Balística Forense

A balística é a ciência que estuda o movimento dos projéteis, analisando suas trajetórias, velocidades, energias e meios em que se propagam, assim como os efeitos que produzem (ALBARRACIN, 1971). De acordo com os pressupostos:

Balística forense é uma disciplina, integrante da criminalística, que estuda as armas de fogo, sua munição e os efeitos dos tiros por elas produzidos, sempre que tiverem uma relação direta ou indireta com infrações penais, visando esclarecer e provar sua ocorrência (TOCCHETTO, 2013, p. 21).

A balística forense é utilizada para a análise e a identificação das armas de fogo, dos projéteis e dos explosivos, sendo importante para o conhecimento e reconhecimento das armas de fogo, projéteis e explosivos, através do confronto do projétil com a arma que efetuou um disparo. Esse tipo de exame é conhecido como microcomparação balística.

O estudo das leis que regem o movimento dos corpos e suas causas compõe papel importante no entendimento da balística forense. Quando um projétil abandona o cano de uma arma de fogo, dependendo da posição do disparo, podemos ter um movimento vertical, horizontal ou oblíquo. Assim, é prudente analisar o movimento sob a ótica dos efeitos da ação gravitacional, para definir de forma objetiva parâmetros como energia e velocidade, a fim de determinar o tipo de armamento que expeliu um determinado projétil, visando, a partir de

métodos científicos, identificar os efeitos causados pela arma que efetuou os disparos, para que, através dela, haja uma futura identificação do criminoso e sua detenção.

O estudo da mecânica constitui parte importante no entendimento do movimento de projéteis de arma de fogo. A queda de um projétil, ou seja, desnível entre a boca do cano e o ponto de impacto no alvo, considerando que o cano se posicionou aproximadamente na direção horizontal, pode ser determinada se considerarmos esse movimento como uma composição de dois movimentos, um na direção vertical (sob efeitos da aceleração da gravidade) e outro na horizontal. A queda do projétil pode ser descrita pela relação:

$$h = \frac{gx^2}{2v^2}$$

Equação 4.2.1
---------------

Em que,  $h$  é a altura de queda do projétil,  $x$  é a distância entre a arma e o alvo,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $v$  é a velocidade inicial do projétil na boca do cano.

Obviamente, a velocidade do projétil sofrerá alterações de valor no decorrer do movimento do projétil, em face das forças de resistência do ar. A energia do projétil é inerente a sua velocidade, podendo ser calculada pela expressão da energia cinética, descrita como:

$$k = \frac{mv^2}{2}$$

Equação 4.2.2
---------------

Em que,  $m$  é a massa do projétil e  $v$  é a sua velocidade.

A energia cinética do projétil pode ser usada para determinar o poder de parada de um determinado calibre de arma de fogo. Para melhor explicar o termo:

Poder de parada (stopping power) é simplesmente a capacidade que o projétil possui, durante o impacto, de incapacitar uma pessoa ou um animal, instantaneamente, impedindo que continue a fazer o que estava fazendo no momento do impacto (*instantaneamente* significa dentro de um a dois segundos) (TOCCHETTO, 2013, p. 227, grifo do autor).

A tabela a seguir representa valores de velocidade, energia e poder de parada conforme o calibre do projétil utilizado.

**Tabela 5** – Velocidade e energia de projéteis por tipo de calibre

<b>Calibre</b>	<b>Projétil</b>	<b>V(m/s)</b>	<b>Energia(J)</b>
<b>.357 Magnum</b>	Expansivo ponta oca (10 g)	376	724
<b>.38 Especial</b>	Expansivo ponta oca (10 g)	246	310
<b>.380 Auto</b>	Expansivo ponta oca (5 g)	290	259
<b>9 mm Luger</b>	Expansivo ponta plana ( 5g)	410	517
<b>.40 S&amp;W</b>	Chumbo semi canto vivo ( 12g)	355	653
<b>.45 Auto</b>	Encamisado total ogival(16 g)	255	484

Fonte: Companhia Brasileira de Cartuchos. Informativo técnico, n. 32, 2018.

O poder de parada está intimamente relacionado à energia cinética dispensada pelo projétil ao tocar o alvo. Portanto, energias cinéticas elevadas carregam elevado poder de parada. Contudo, é importante destacar que a força de resistência do ar atua de forma diferenciada em cada tipo de projétil, e que, associada à sua velocidade, pode alterar o poder de parada daquele calibre.

Como podemos observar, o poder de parada não é grandeza física. No entanto, quando associado à velocidade e energia cinética do projétil, ela é fundamental para elucidação de ocorrências de morte violenta em que a vítima tenta cometer suicídio, e que para isso concorre com mais de um disparo. Se no primeiro disparo o poder de parada for elevado, obviamente, a vítima não terá condições de efetuar um segundo disparo, o que não ocorre numa situação de homicídio, já que em via de regra ocorrem dois ou mais disparos.

### **4.3 Acidentes de Trânsito**

Nos locais de acidentes de trânsito, o Perito Criminal realiza exames de todos os vestígios relacionados ao fato, com o objetivo de determinar a dinâmica do evento ao apontarem os fatores que contribuíram para o acidente. Esse trabalho pericial é composto de croqui esquemático, fotografias do local, descrição de medidas para determinação de grandezas físicas importantes na elucidação da ocorrência ou descrição da dinâmica do evento quando houver concurso ou indícios de crime.

A velocidade escalar ou vetorial pode ser considerada o parâmetro principal no estudo de acidentes de trânsito. Com a determinação dos valores de velocidades dos agentes envolvidos numa colisão, podemos determinar outros parâmetros como energia, impulso e quantidade de movimento, a fim de esclarecer a real causa do evento. Para isso, se faz

necessário ter conhecimentos físicos sobre os princípios básicos da Cinemática, estudo do movimento uniforme e movimento uniformemente variado.

Num sinistro de trânsito devemos considerar os efeitos da Dinâmica, como a força centrípeta quando o veículo realiza uma curva. Nesse caso, associando à outras variáveis, podemos determinar valores de velocidades pretendidos, para esclarecer possíveis violações de limites de velocidades exigidos pela via.

A força centrípeta geralmente se manifesta como força aplicada num corpo em movimento circular por outro corpo ou meio. No caso do veículo em trajetória, a força centrípeta é exercida pelo atrito transversal entre a banda de rodagem dos pneumáticos e o pavimento. Quando o motorista esterça o volante da direção e os pneumáticos passam a contrariar a inércia, ou seja, a tendência ao movimento retilíneo tangencial para a frente, surge, na mesma proporção, a força de atrito lateral dirigida para o centro da curva (ARAGÃO, 2011, p. 127).

Assim, considerando as expressões para o cálculo da força centrípeta e a força de atrito podemos chegar ao valor limite para a velocidade do veículo.

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

Equação 4.3.2

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{2}$$

Equação 4.3.1

Logo, temos:

$$\mu \cdot N = \frac{mv^2}{2}$$

Equação 4.3.3

Em que,  $\mu$  é coeficiente de atrito entre os pneus do veículo e a via.

Considerando que em muitos casos, o veículo sofre uma derrapagem durante uma curva e que esse sinistro não concorre com outros veículos, valem as relações apresentadas segundo o princípio fundamental da dinâmica e o princípio da inércia. Outrossim, caso haja colisão com outro veículo, se faz viável a utilização do princípio da conservação da quantidade de movimento para determinação da velocidade de impacto. Para qualquer colisão podemos aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento, tendo em vista que os impulsos exercidos por forças externas ao sistema de corpos são desprezíveis (RANVIER, 2011).

Além dessa metodologia usada para determinação da velocidade, devemos considerar também a análise de vídeos de câmeras que flagram a movimentação de veículos antes de

uma colisão, tendo em vista que (nos dias de hoje) o monitoramento nos meios urbanos aumentou consideravelmente.

Outra metodologia usada na determinação de velocidade, nesse caso, no momento de uma colisão, é aquela que analisa a marca deixada na face da escala numerada do velocímetro pelo impacto da agulha devido a sua inércia, fenômeno conhecido como efeito *needle slap*. A espectroscopia Raman pode ser utilizada para comprovar a transferência de material da agulha para o painel do velocímetro (ANDRADE; FARIAS; GOMES, 2015).

De acordo com essa análise, do ponto de vista da mecânica dos corpos rígidos, ratificamos a idéia de que o conhecimento da velocidade dos veículos antes, durante e após uma colisão, é fator indispensável para a formação do conjunto probatório de uma investigação a fim de determinar a culpabilidade de cada um dos envolvidos num acidente de trânsito. Portanto, todas as metodologias utilizadas para determinação desses parâmetros são cruciais para o fortalecimento das evidências e elucidação de um sinistro de trânsito.

#### **4.4 Morte Violenta**

Os exames periciais em locais de morte violenta consistem no registro da materialidade dos fatos, compreensão das circunstâncias (em que o mesmo ocorreu), determinando os instrumentos e meios utilizados, coleta de vestígios e análise de evidências, a fim de que o acervo informativo possa indicar a provável dinâmica, a autoria e a causa física da morte.

A Física Forense pode estar presente em situações de morte violenta onde tenha ocorrido precipitação (queda de altura da vítima, na maioria dos casos ocasionada a partir de suicídio, homicídio ou acidente) e em casos de homicídio ou suicídio onde possa ocorrer o emprego de arma de fogo.

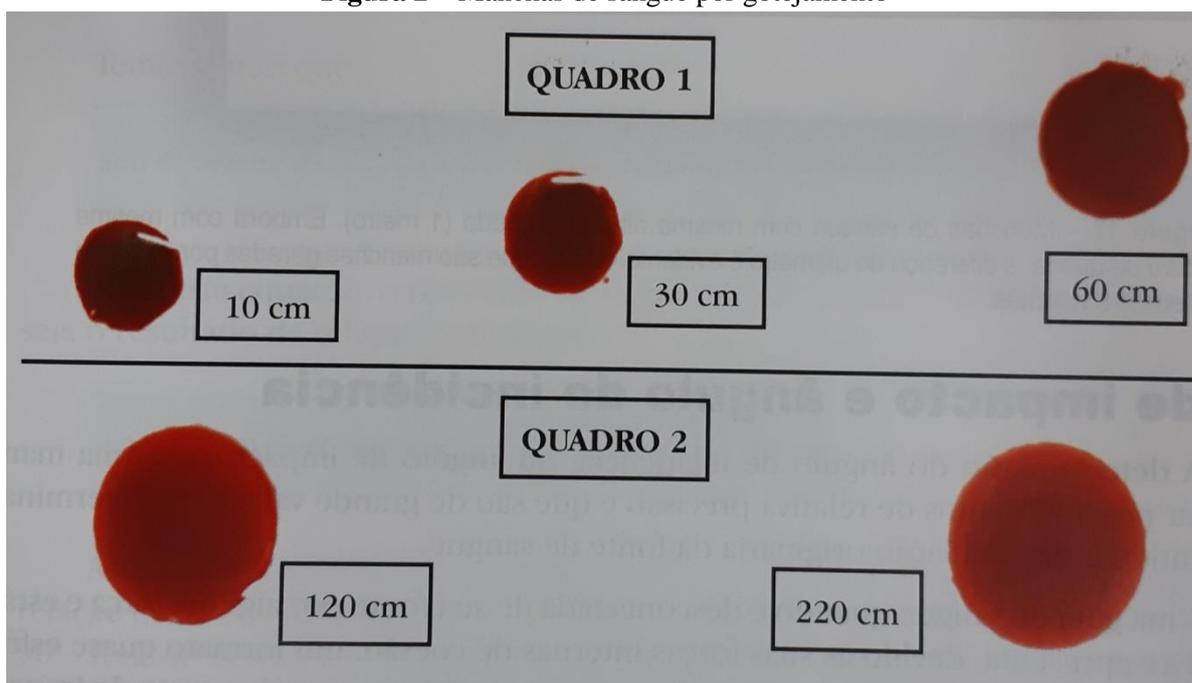
Nas mortes por precipitação é imprescindível analisar os elementos materiais diferenciais entre suicídio, homicídio e acidente. Esses elementos são: a distância entre o local do impacto do corpo no solo e a projeção vertical do ponto de lançamento; o aspecto do ambiente de onde a vítima precipitou-se; o estudo das leis que regulam a queda dos corpos no espaço; e o estudo das regiões do corpo afetadas pelo impacto. Quando não há impulso horizontal – como nos casos de acidente –, admite-se que o corpo caia verticalmente, fazendo com que seu impacto seja muito perto do perfil do prédio. Quando há impulsão horizontal, encontra-se um afastamento entre o ponto de impacto e o ponto de lançamento.

Nos homicídios, essa distância, em via de regra, é maior, levando-se em consideração que o corpo foi impulsionado por alguém, mesmo que tenha existido certa resistência pela vítima, excetuando-se os casos de menores ou desacordados. Já nas situações de suicídio, a distância é sempre maior, em virtude do maior impulso da vítima, levando-a a um ponto de queda mais distante.

Nos locais de crime onde haja o emprego de arma de fogo, notadamente, devemos aplicar parâmetros relativos ao movimento de projéteis, tais como: velocidade, trajetória, energia cinética e teorema da energia cinética, na tentativa de determinar o tipo de arma e calibre que expeliu o referido projétil.

As manchas de sangue existentes num local de crime também dizem muito sobre a dinâmica do delito, pois geralmente são responsáveis pela determinação da velocidade desenvolvida pela vítima imediatamente após ter sofrido uma lesão, e o sentido de movimento impresso à vítima ou agressor, observado pelo princípio da inércia. Outrossim, o sangue encontrado sob o solo pode ser fonte de determinação da altura de queda deste, ou seja, é possível também estimar a altura de um criminoso que tenha cometido um delito, aplicando os princípios que regem o movimento dos corpos sob ação da gravidade. Na imagem a seguir é possível observar a influência dos efeitos gravitacionais no diâmetro de manchas de sangue de igual volume quando sofrem quedas de diferentes alturas.

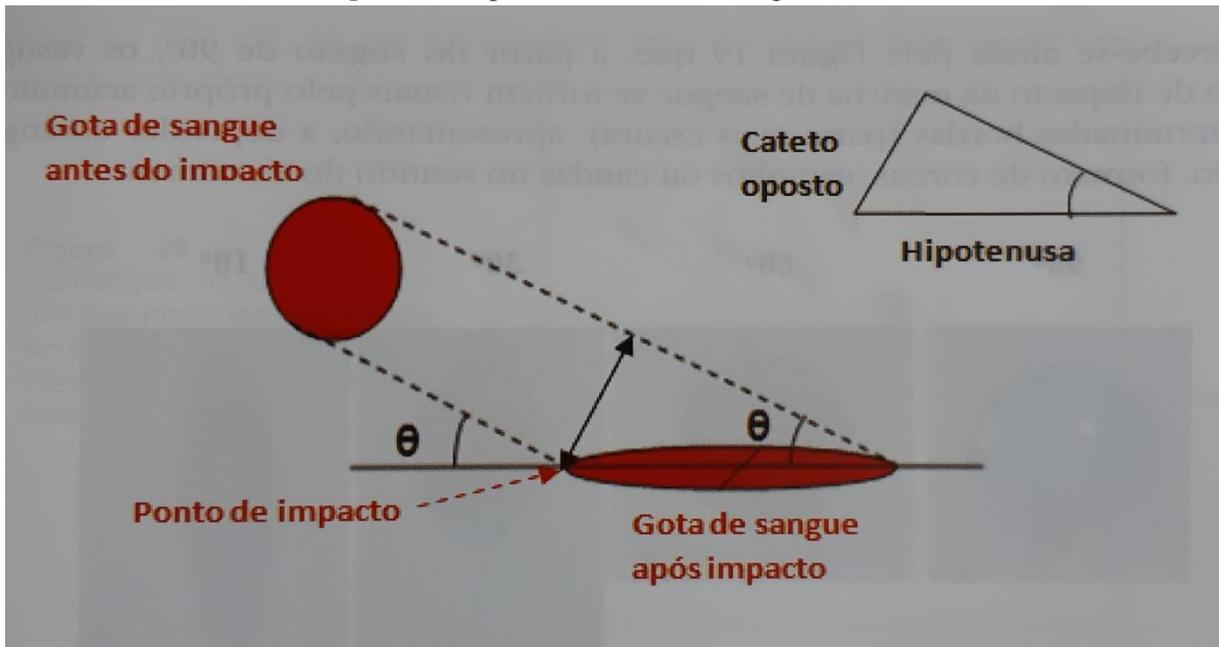
**Figura 2** – Manchas de sangue por gotejamento



Fonte: VELHO; COSTA; DAMASCENO (2013).

O ponto de impacto e ângulo de incidência nos dão parâmetros como a velocidade desenvolvida pela vítima imediatamente após sofrer uma lesão. A seguir, a imagem demonstra o impacto de mancha de sangue no solo, por meio da gota de sangue do impacto, do ponto de impacto e da gota de sangue após o impacto, explicada geometricamente pelo cateto oposto e a hipotenusa.

**Figura 3** – Impacto de mancha de sangue no solo



**Fonte:** VELHO; COSTA; DAMASCENO (2013).

#### 4.5 Incêndios

Examinando minuciosamente as características físicas de um local de incêndio e todos os vestígios relacionados ao mesmo, objetivando identificar a causa do fogo ou, senão, a mais provável, o perito, com base nas evidências físicas, analisadas e interpretadas à luz da criminalística e do método científico de investigação, preliminarmente, deve considerar a possibilidade do fogo ter se iniciado a partir de causas naturais, haja vista que podem existir registros de ocorrência de fenômenos intempéricos no período em que se verificou o fato, capazes de terem gerado calor suficiente para fazer eclodir chamas.

Com relação ao ponto de vista mencionado anteriormente, nessa hipótese, seria descartado o ato criminoso. Sinais de combustão espontânea de substâncias ou materiais pirofóricos, por decomposição ou por combinação química exotérmica ou vestígios de

substâncias suscetíveis a esse tipo de fenômeno, poderiam apontar evidências de que o calor, por incidência de raios solares, ocasionaria o fogo.

Dadas as circunstâncias em que se verifica esse tipo de evento, também não devemos descartar o ato intencional como causa do sinistro, haja vista que nesses locais, durante o procedimento pericial, pode ser constatado vestígios que possam conduzir a uma assertiva nessa perspectiva, ou seja, algum sinal de multiplicidade de focos, característica típica do incêndiarismo. Do mesmo modo, pode ser avaliada a possibilidade do incêndio se originar de maneira acidental, com intervenção humana direta, como resultado de imprudência ou negligência de alguém ao lidar com material ou produto incandescente ou que produza chamas, como velas, fósforos ou sucedâneos.

O perito pode constatar ainda, indícios de curto-circuito em condutores, tomadas, *plugs* e benjamim (também conhecido como “T”), com relevante intensidade dos efeitos da ação pirogênica, por ação da corrente elétrica, em fiação, encapamentos que estejam carbonizados (unindo dois condutores paralelos), elemento que é indicativo de curto-circuito.

Oscilações de energia na rede elétrica também podem ocasionar os fenômenos descritos anteriormente, visto que a corrente elétrica fornecida à edificação sofre elevação em seus valores nominais devido à oscilação na frequência da rede de distribuição da região. Essa oscilação na rede elétrica, associada à ligação de vários componentes numa mesma tomada através do Benjamim (“T”), elevam consideravelmente as chances de que um curto-circuito ocorra, justamente por causa do superaquecimento, provocado devido ao grande acréscimo da corrente elétrica nos referidos componentes.

Portanto, o Perito pode determinar as causas de incêndios, partindo de análises baseadas nos conhecimentos de Termodinâmica e Eletrodinâmica para elucidar um crime ou mesmo um acidente.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Natureza da pesquisa

#### 5.1.1 A pesquisa qualitativa

Partindo do pressuposto de que pesquisas realizadas com a temática da gamificação se apresentam de forma qualitativa e quantitativa, tendo em vista que em sua essência sempre combinam estudo de casos e aplicações experimentais (ou seja, o desenvolvimento desses produtos educacionais quase sempre culminará para dados quantitativos), nos concentramos na temática qualitativa, considerando-se que o jogo educacional apresentado proporciona a coleta de dados narrativos, particularidades e experiências individuais dos alunos, bem como as atitudes, comportamentos e percepções dos estudantes em relação à disciplina. Então, é inevitável questionar os motivos que os levam ao desinteresse pela Física.

O enfoque qualitativo apresenta as seguintes características: o pesquisador é o instrumento-chave; o ambiente é a fonte direta dos dados, não requer o uso de técnicas e métodos estatísticos, têm caráter descritivo; o resultado não é o foco da abordagem, mas sim o processo e seu significado, ou seja, o principal objetivo é a interpretação do fenômeno objeto de estudo (GODOY, 1995b; SILVA; MENEZES, 2005 *apud* FREITAS; JABBOUR, 2011).

A pesquisa qualitativa é descritiva. Ou seja, as palavras escritas se destacam nessa abordagem e são fundamentais para a obtenção dos resultados. O enfoque quantitativo não é necessário, pois a idéia central gira em torno da coleta de dados por meio de anotações, entrevistas, questionários, fotografias, desenhos, etc. Para o entendimento de todo o estudo é pertinente e relevante que todos esses dados sejam analisados, examinados e interpretados de forma subjetiva por parte do pesquisador (GODOY, 1995)

Nesse sentido, podemos considerar que os estudos qualitativos se norteiam pelo estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural (nesse caso, a sala de aula, no momento da aplicação do produto educacional), valorizando o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada. O pesquisador preocupa-se com o processo e não apenas com os resultados, verificando como as atividades se desenvolvem e de que maneira a interação dos envolvidos no processo se manifesta.

Gummesson (2007), citado por Freitas e Jabbour (2011), ressalta o conservadorismo de parte dos pesquisadores que preferem abordagens quantitativas, em detrimento de abordagens qualitativas, pois estes consideram que as pesquisas qualitativas são úteis apenas

na fase inicial da pesquisa e na fase conceitual, em razão da falta de rigor e da dificuldade de apresentar resultados não generalizáveis. Entretanto, esse tipo de argumento está cada vez mais enfraquecido, haja vista a expansão e consequente aceitação do estudo de caso enquanto estratégia de pesquisa qualitativa.

Estudos que empregam novos métodos de ensino ou uso de novas tecnologias no ensino aprendizagem em determinados conteúdos, bem como o estudo de mudanças de concepção em determinada temática trabalhada com os alunos, podem ser consideradas pesquisas de caráter qualitativo.

De acordo com Neves (1996), os métodos qualitativos trazem como subsídio ao trabalho de pesquisa uma combinação de procedimentos de cunho coerente, capazes de fornecer a melhor compreensão dos fenômenos, não sendo necessário a aplicação de instrumentos estatísticos para coleta de dados. Neves (1996), ainda reforça que a coleta de dados é feita pelo contato direto do pesquisador com o objeto a ser estudado. Nesse sentido, é necessário entender os acontecimentos, de acordo com a perspectiva dos participantes da circunstância analisada, e então estabelecer a explanação do contexto estudado.

### 5.1.2 A pesquisa qualitativa no jogo “Trilha do Crime”

Esta pesquisa foi dividida em algumas etapas. Inicialmente delimitamos o conteúdo objeto de estudo do jogo, bem como as turmas de Ensino Médio que poderiam trabalhar com o jogo educacional intitulado “Trilha do Crime”. Essa fase foi essencial, tendo em vista que os conteúdos da disciplina de Física trabalhados no Ensino Médio, especialmente na primeira série, são muito extensos. O passo seguinte foi a realização de uma pesquisa exploratória sobre jogos de tabuleiro, educativos ou apenas de diversão, para nortear a aplicação de mecânicas, estratégias e habilidades que poderiam ser potencialmente educativas. Para isso, seguimos principalmente o jogo intitulado “Célula Adentro” como base de estudo para construção, desenvolvimento e aplicação do jogo “Trilha do Crime”.

Paralelamente a essas etapas, o jogo físico foi sendo desenvolvido, as cartas foram sendo criadas e o tabuleiro ganhou formato baseado no tema proposto: a Física Forense. No decorrer das aplicações em sala de aula, o jogo sofreu algumas alterações em seu tabuleiro e em algumas cartas.

O objetivo principal da pesquisa qualitativa é analisar o comportamento, atitudes, percepções e sentimentos dos discentes em relação à disciplina por meio do jogo. Assim, podemos questionar os motivos que os levam à falta de motivação e interesse pela Física,

através de aplicação de questionários com o objetivo de mensurarmos qualitativamente os dados da pesquisa após aplicação do jogo de tabuleiro. Como base nisso, é possível criar uma hipótese sobre os questionamentos e concluir se a utilização do jogo contribuiu para a consolidação de conhecimentos e motivação no ensino de Mecânica no Ensino Médio.

Segundo Liebscher (1998), citado por Freitas e Jabbour (2011), a abordagem qualitativa é viável quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e de difícil quantificação. De acordo com o autor, para usar adequadamente a abordagem qualitativa, o pesquisador precisa aprender a observar, analisar e registrar as interações entre as pessoas, e entre as pessoas e o sistema.

A pesquisa no jogo “Trilha do Crime” norteou-se pelo método de estudo de caso, cuja finalidade é agrupar informações detalhadas de um fenômeno. Diante desse ponto de vista, devemos enfatizar que:

[...] mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado, o estudo de caso possibilita a penetração em uma realidade social, não conseguida plenamente por um levantamento amostral e avaliação exclusivamente quantitativa (MARTINS, 2008, p. 11 *apud* FREITAS; JABBOUR, 2011, p. 22).

No contexto da aplicação do jogo educacional, não podemos estimar as reações dos jogadores, a interação lúdica, ou ainda a assimilação dos conteúdos presentes em cada caso do jogo, antes do término de cada partida. Portanto, o estudo de caso mostrou-se eficaz e coerente dentro dessa temática por apresentar um caráter empírico incluso no contexto da vida real e no cotidiano de cada aluno.

## **5.2 As bases do produto educacional**

### **5.2.1 O jogo “Célula Adentro”**

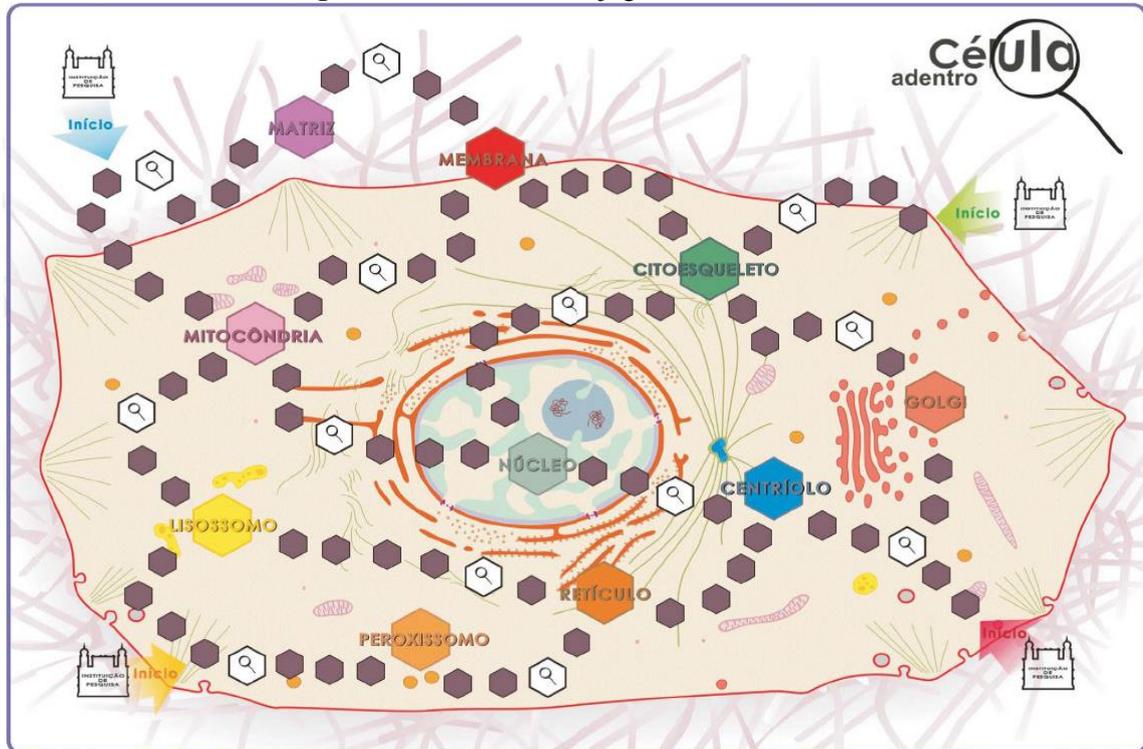
O jogo investigativo proposto baseia-se no projeto criado pelo Instituto Osvaldo Cruz, por um grupo composto de cientistas, pesquisadores da área de ensino, professores dos ensinos médio e superior, e estudantes de pós-graduação<sup>2</sup>, no qual se faz o estudo da “Célula”. Na ocasião, é denominado “Célula Adentro” e pode ser trabalhado de forma cooperativa (entre os alunos), jogando contra o tempo para resolver os casos propostos ou competitiva, no

---

<sup>2</sup> Constituído por: Carolina Spiegel, Gutemberg Alves, Leandra Mellim, Maurício Luz, Tânia Cremonini de Araújo-Jorge, Tânia da Silveira Cardona e Andréia Henriques Pons.

qual os jogadores formam equipes, em que vence a equipe que resolver primeiro o caso proposto. As equipes trabalham de forma investigativa usando sua capacidade de raciocínio e dedução para desvendar os mistérios da célula.

**Figura 04** – Tabuleiro do jogo “Célula Adentro”



Fonte: *Internet*.<sup>3</sup>

A criação do jogo “Célula Adentro” seguiu os princípios da aprendizagem baseada na resolução de problemas, no qual o aluno é sujeito ativo no processo de construção do conhecimento, tendo em vista que a apresentação de um problema (por meio de um jogo de tabuleiro), além de promover o lúdico entre os participantes, deverá induzir nos discentes o interesse pela formulação de teorias ou hipóteses, aperfeiçoando sua capacidade investigativa e contribuindo para a resolução do problema proposto através dos casos.

### 5.2.2 Definição dos casos

Neste trabalho fizemos o estudo de conteúdos da primeira (1ª) série do Ensino Médio que inclui a Mecânica, sendo o foco do trabalho a Cinemática e a Dinâmica. Apresentamos uma maneira lúdica para ensinar esses conteúdos, através de um jogo investigativo e que insira a Física Forense dentro desse contexto.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/jogo/sobre>. Acesso em: 9 mar. 2019.

Considerando que a Física Forense engloba grande parte desses conteúdos trabalhados na primeira (1ª) série do Ensino Médio, tais como: lançamento horizontal, vertical e oblíquo. Assim como: impulso, quantidade de movimento e energia cinética (na descrição da dinâmica de um crime), propomos a utilização do jogo investigativo como forma de inserir a Física dentro dessa temática, fazendo a análise forense de crimes. Para isso, propomos cinco casos que fizeram a composição do jogo “Trilha do Crime”.

Mantivemos a forma de trabalhar do jogo original “Celula Adentro”. Porém, novos casos foram desenvolvidos com base na Física Forense, de forma que pudesse ser incluída essa outra temática no jogo. Para isso, distribuimos os casos da seguinte forma:

**Caso 01:** Morte violenta no edifício Dubai.

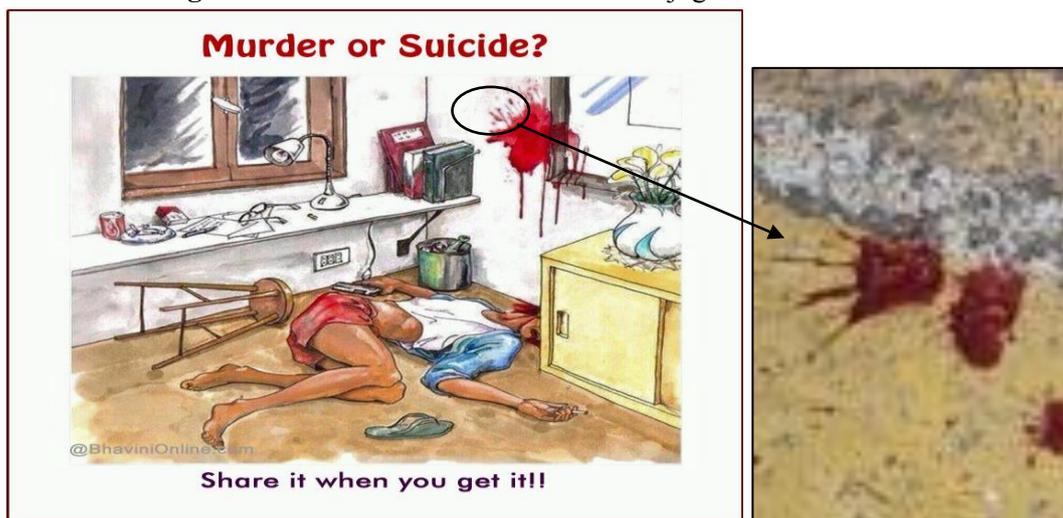
**Caso 02:** A morte do deputado federal e sua namorada.

**Caso 03:** Acidente de trânsito.

O desenvolvimento do jogo investigativo foi implementado após a abordagem dos conteúdos, promovendo no educando a capacidade de relacionar esses conteúdos aos casos periciais dando dinamismo e eficácia ao jogo. Ao iniciar uma investigação, tanto do ponto de vista científico quanto da própria análise do crime a ser elucidado, o aluno faz a associação entre os conteúdos previamente trabalhados em sala de aula com os casos apresentados no decorrer do jogo. No caso mostrado a seguir, é possível inserir a Física Forense na elucidação da dinâmica criminosa com o auxílio dos conceitos estudados em Mecânica e com isso chegar a uma conclusão a respeito da morte violenta mostrada na imagem.

Em seguida, através de uma imagem, iremos ilustrar um estudo de um caso do jogo “Criminal Case”, como exemplo:

**Figura 05** – Tela de estudo de um caso do jogo “Criminal Case”



Fonte: *Internet*.<sup>4</sup>

Diante do exposto, os casos mencionados apresentam sem dúvida um caráter multidisciplinar e geram no aluno uma oportunidade grandiosa de contextualização dos conteúdos, tornando a aprendizagem lúdica, eficaz e objetiva.

### 5.2.3 Relação dos casos com os conteúdos da Mecânica

“Trilha do Crime” é um jogo de tabuleiro investigativo, no qual os casos propostos abordam questões que envolvem a Mecânica no âmbito da Física Forense. O jogo permite que os alunos entendam de forma lúdica cada passo para a elucidação de um crime, analisando os casos apresentados em cada fase da atividade. O jogo baseia-se na interpretação de pistas que podem conter: esquemas, figuras, experiências, problemas matemáticos, além de informações atuais para que possam chegar à determinadas conclusões. Os jogadores atuam como investigadores, fazendo anotações e discutindo os casos, para que ao final do jogo possam entrar num consenso quanto à elucidação de um crime.

O jogo educacional “Trilha do Crime” apresenta oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio, interpretação, síntese e associação de idéias, além de possibilitar a interpretação de figuras e gráficos típicos da linguagem científica. Esse jogo possibilita aos alunos a construção do conhecimento de temas atuais relacionados à Física de forma lúdica.

O jogo Trilha do Crime possui três casos que foram desenvolvidos abordando diferentes tópicos relacionados à Mecânica, diretamente ligados à Física Forense. Para

<sup>4</sup> Disponível em: <https://twitter.com/bhavinionline/status/704178390744453120>. Acesso em: 9 mar. 2019.

aplicação do produto educacional, tomamos como base uma sequência de conteúdos trabalhados na primeira (1ª) série do Ensino Médio. O quadro a seguir apresenta em detalhes o estudo de cada caso do jogo educacional “Trilha do Crime”.

**Quadro 1.** Conteúdos dos 3 casos do jogo

CASO	OBJETIVO	PROBLEMA PROPOSTO	TEMAS ABORDADOS	SUGESTÕES DE QUANDO JOGAR
<b>Morte Violenta no edifício Dubai</b>	Entender a dinâmica da morte violenta se apropriando de conceitos de lançamento horizontal, vertical e queda livre.	Descubra, a partir das pistas encontradas no jogo, como se deu a morte violenta da garota encontrada sem vida na base do edifício.	Cinemática	Ao término das abordagens sobre queda livre e lançamento horizontal.
<b>Morte Violenta do Deputado Federal e sua namorada</b>	Aplicar os conhecimentos das Leis de Newton e suas aplicações.	Você deverá descobrir as características do criminoso, de acordo com as evidências apresentadas por meio das pistas.	Cinemática Dinâmica	Ao término das abordagens sobre as Leis de Newton e Energia.
<b>Morte Violenta em Acidente de Trânsito</b>	Se apropriar dos conhecimentos sobre Cinemática e Dinâmica para explicar e elucidar a ocorrência proposta.	Você deverá descobrir como se deu a ocorrência de trânsito com base nos dados fornecidos em cada carta de pista.	Cinemática Dinâmica	Ao término das abordagens sobre As Leis de Newton, Quantidade de movimento e Energia Mecânica.

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa sequência de ensino está imerso o produto educacional desta dissertação. Obviamente, após aplicação de determinado conteúdo, em nossas aulas tradicionais fazemos uma aplicação prática daquele conteúdo na tentativa de obter êxito na aprendizagem do

discente. Nos momentos em que antecederam a aplicação do jogo, o professor explicou todo conteúdo previamente e o produto substituiu a parte que seria a prática dos alunos.

Após a explanação, parece simplório a maneira como foi descrito aqui, entretanto, devemos nos lembrar que o que se procurou com esse método de estudo foi emergir todos os benefícios da gamificação que foram mencionados anteriormente, são eles: envolvimento com a atividade de estudo, prazer por estudar, vontade de continuar jogando até descobrir o fim da história, aprendizado com o fracasso, entre outros benefícios que somente podem ser explicados pela “experiência de jogador”. Explicando de maneira resumida, podemos dizer que a aplicação do produto foi feita depois da explicação para a turma em sala de aula, da maioria dos conteúdos que se encontram nele.

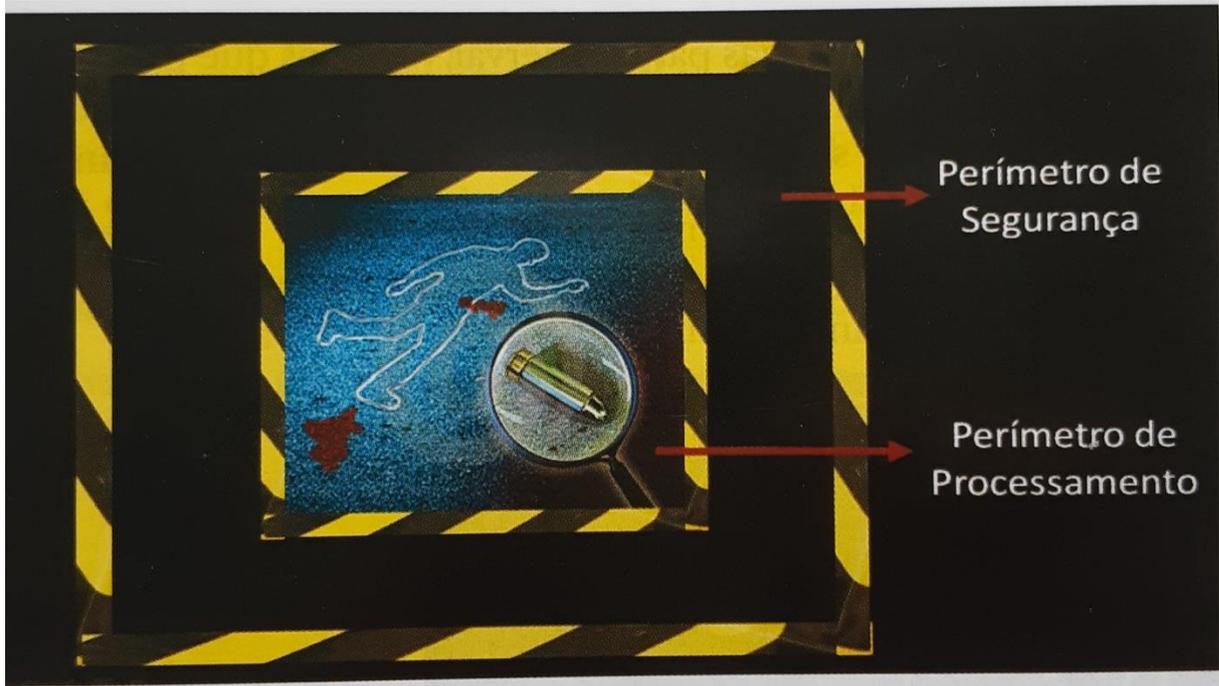
### **5.3 Processo de construção do jogo “Trilha do Crime”**

#### **5.3.1 Construção do tabuleiro**

O processo de construção e confecção do jogo considerou os aspectos da Física Forense e os conteúdos trabalhados na primeira (1<sup>a</sup>) série do Ensino Médio como eixo norteador do desenvolvimento do tabuleiro e das cartas.

Considerando o caráter investigativo do jogo, com foco na resolução de problemas, ficou evidente que o tabuleiro a ser construído deveria possuir uma relação direta com a Física ou com a investigação de crimes. Para isso, nos baseamos numa técnica de investigação pericial comumente usada pela perícia criminal em locais de crimes. A técnica consiste na delimitação do espaço físico próximo do local de crime em dois perímetros, sendo eles: o perímetro de segurança e o perímetro de processamento. No perímetro de segurança é possível a circulação de um número controlado de pessoas e no perímetro de processamento é permitida apenas a equipe pericial.

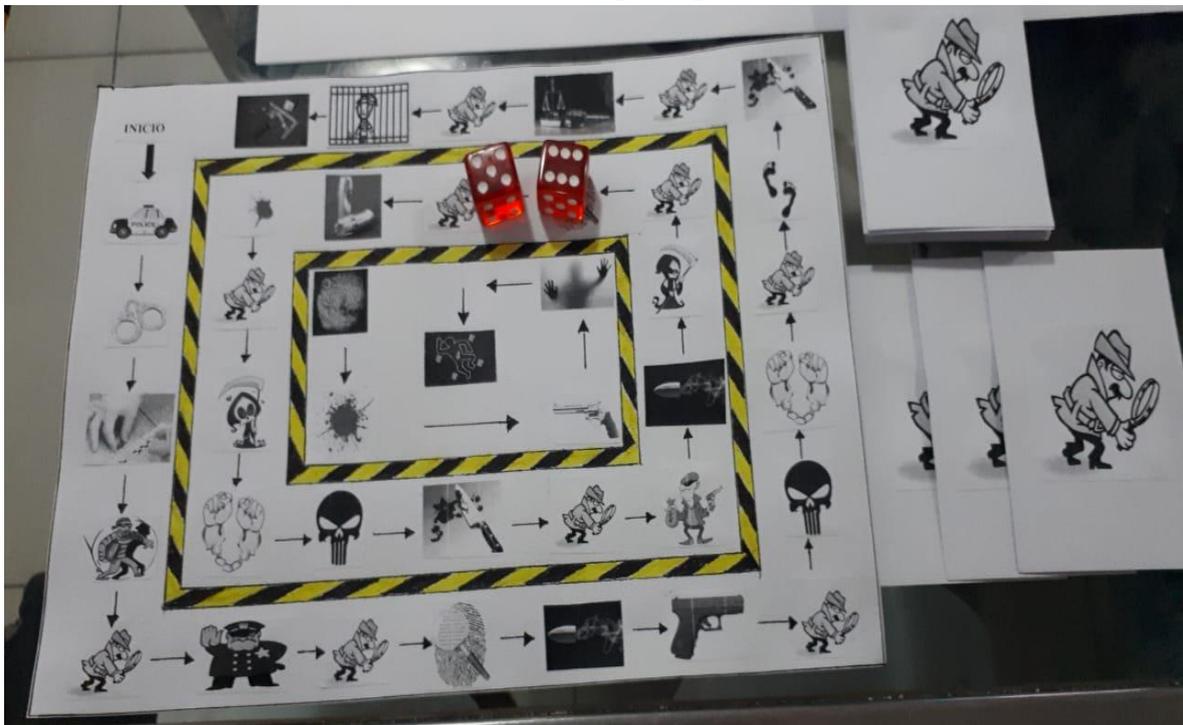
Na figura a seguir, podemos observar o esquema de isolamento descrito.

**Figura 06** – Isolamento de local de crime

Fonte: VELHO; COSTA; DAMASCENO (2013).

Nesse tipo de isolamento, pessoas alheias ao fato geralmente se posicionam externamente à faixa de segurança. Em geral, são: os curiosos, a mídia televisiva, os jornalistas, ou até mesmo o criminoso que cometeu o delito e rodeia o local observando as investigações. Assim sendo, o tabuleiro foi inicialmente trabalhado para abrigar todas essas possibilidades. A partir dessa técnica foi criado o primeiro protótipo do jogo, que após inúmeras alterações, foi submetido a análises para as primeiras aplicações em sala de aula. A figura a seguir representa o primeiro protótipo do tabuleiro do jogo Trilha do Crime, como pode ser visto.

**Figura 07** – Primeiro protótipo do tabuleiro



Fonte: produção do próprio autor, 2019.

Como se pode observar, o jogo apresentou-se de forma que o jogador se movimentava numa trilha em sentido anti-horário, a partir de um ponto assinalado como início até chegar ao local onde há a figura de uma vítima de um crime. Nesse percurso, o investigador terá contato com vestígios (por meio das cartas apresentadas) com o objetivo de formar sua convicção sobre a dinâmica do crime após analisar tais indícios. Após algumas alterações o tabuleiro do jogo “Trilha do Crime” apresentou-se da forma que veremos a seguir, para que fossem realizadas as primeiras aplicações em sala de aula.



**Imagem 1** – Tabuleiro e cartas sobre a mesa



Fonte: produção do próprio autor, 2019.

### 5.3.2 Construção dos cartões de caso

Os cartões foram criados e baseados no tema central do jogo, no qual foram trabalhados de forma que eles pudessem apresentar o problema ao jogador, mostrando como iniciar os procedimentos de coleta de pistas e investigações à cerca do caráter investigativo de cada caso. Inicialmente, confeccionamos cada cartão de próprio punho para posteriormente confeccionar a construção definitiva e a reprodução na gráfica. Nessa etapa, adaptamos cada caso aos conteúdos trabalhados na Mecânica para tornar o jogo objetivo e possível de ser aplicado em períodos compreendidos entre uma e duas aulas.

Nas imagens a seguir, temos os cartões dos três casos em formato original.

## Primeiro caso: Morte Violenta no edifício Dubai

Figura 09 – Cartão do primeiro caso

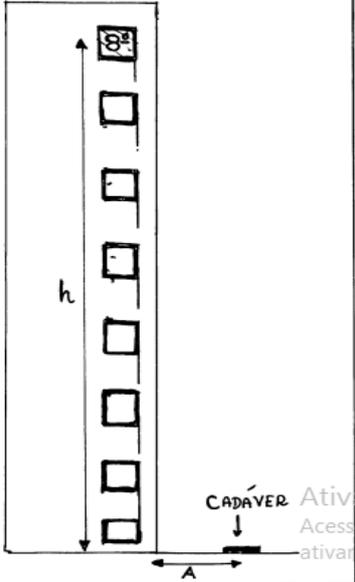
**MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI**

MORTE VIOLENTA É AQUELA QUE RESULTA DE ATO PRATICADO POR OUTRA PESSOA (HOMICÍDIO), OU POR SI MESMA (SUICÍDIO), OU EM RAZÃO DE ACIDENTES, SEMPRE EXISTINDO RESPONSABILIDADE PENAL A SER APURADA.

NO DIA 07 DE ABRIL DE 1998 UMA GAROTA DE 18 ANOS DE IDADE FOI ENCONTRADA SEM VIDA, NO JARDIM DO EDIFÍCIO DUBAI, VÍTIMA DE MORTE VIOLENTA OCACIONADA SUPOSTAMENTE PELA PROJEÇÃO A PARTIR DA JANELA DE SEU APARTAMENTO SITUADO NO 8º ANDAR DO PRÉDIO.

DIANTE DAS LESÕES APRESENTADAS NO CORPO DA VÍTIMA, A RESPONSABILIDADE PENAL DEVERÁ SER APURADA PELOS PERITOS CRIMINAIS. PARA ISSO, SERÁ ANALISADO A TRAJETÓRIA DESCRITA PELO CORPO NA QUEDA, O TEMPO DE QUEDA E A VELOCIDADE AO TOCAR O SOLO, BEM COMO VESTÍGIOS E EVIDÊNCIAS QUE POSSAM LEVAR À ELUCIDAÇÃO DO CASO.

OS PERITOS CRIMINAIS DEVERÃO DESCREVER, DE FORMA DETALHADA A DINÂMICA DA MORTE VIOLENTA, DETERMINANDO SE OCORREU HOMICÍDIO, SUICÍDIO OU ACIDENTE.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

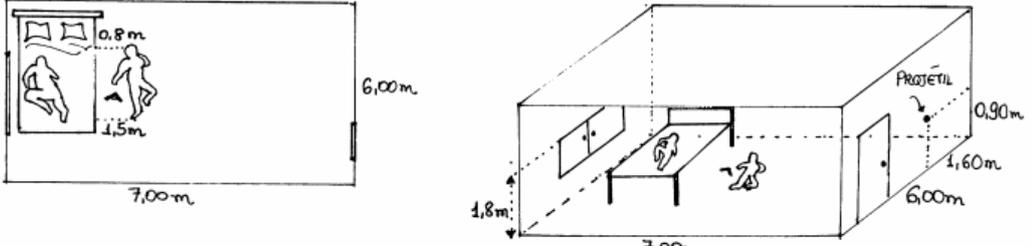
## Segundo caso: A morte do deputado federal e sua namorada

Figura 10 – Cartão do segundo caso

**A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL E SUA NAMORADA**

NO DIA 07 DE DEZEMBRO DE 2001 ÀS 23h15min OS PERITOS CRIMINAIS DO NÚCLEO DE FÍSICA FORENSE FORAM INFORMADOS DE OCORRÊNCIA DE CRIME EM QUE UM DEPUTADO FEDERAL E SUA NAMORADA TERIAM SIDO ENCONTRADOS SEM VIDA, NO QUARTO DA RESIDÊNCIA ONDE MORAVAM.

SEGUNDO O DELEGADO DE POLÍCIA, AMBOS ERAM INVESTIGADOS POR SUSPEITAS DE CORRUPÇÃO ATIVA, LAVAGEM DE DINHEIRO E ORGANIZAÇÃO CRIMINOSA. OS PERITOS CONSTATARAM QUE O DEPUTADO FOI ALVEJADO COM UM TIRO NA CABEÇA E SUA NAMORADA COM DOIS TIROS, UM NA CABEÇA E OUTRO NO PEITO. A POSIÇÃO DOS CORPOS ESTÁ REPRESENTADA NO CROQUI ESQUEMÁTICO ABAIXO.



PARA O DELEGADO, EXISTEM TRÊS HIPÓTESES PARA A ELUCIDAÇÃO DO CASO:

- ⇒ HOMICÍDIO SEGUIDO DE SUICÍDIO: O DEPUTADO FOI MORTO POR SUA NAMORADA QUE EM SEGUIDA SE SUICIDOU.
- ⇒ DUPLO HOMICÍDIO: OS SEGURANÇAS DA RESIDÊNCIA MATARAM O CASAL E FORTARAM O HOMICÍDIO SEGUIDO DE SUICÍDIO.
- ⇒ DUPLO HOMICÍDIO: UM ATIRADOR DE ELITE POSICIONADO A LONGA DISTÂNCIA MATOU O CASAL.

OS PERITOS DEVEM DETERMINAR A DINÂMICA DA AÇÃO CRIMINOSA PARA ELUCIDAR O CASO.

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### Terceiro caso: Morte Violenta em Acidente de trânsito

Figura 11 – Cartão do terceiro caso

MORTE VIOLENTA EM ACIDENTE DE TRÁFEGO

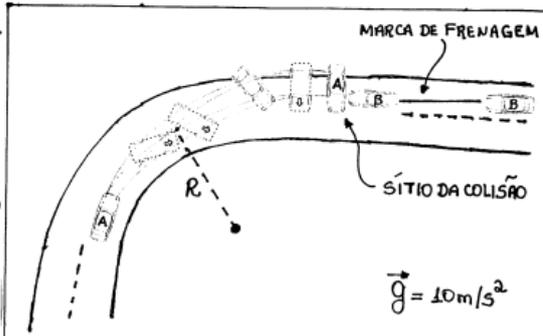
A ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE ACIDENTES DE TRÁFEGO É UM DOS RAMOS DA FÍSICA FORENSE, QUE ENVOLVE VÁRIOS FENÔMENOS FÍSICOS, PODENDO SER ANALISADOS COMO PARTE DA MECÂNICA DOS CORPOS RÍGIDOS.

NA MADRUGADA DO DIA 21 DE MAIO DE 2009 OS PERITOS CRIMINAIS DO NÚCLEO DE FÍSICA FORENSE REALIZARAM EXAME EM LOCAL DE ACIDENTE DE TRÁFEGO A FIM DE DETERMINAR A DINÂMICA DA OCORRÊNCIA QUE RESULTOU NA MORTE DO CONDUTOR DO VEÍCULO B, APÓS COLISÃO CONTRA O VEÍCULO A.

NO CADRÃO ESQUEMÁTICO AO LADO, ESTÃO REPRESENTADAS AS POSIÇÕES DOS VEÍCULOS IMEDIATAMENTE ANTES DA COLISÃO E ALGUNS DADOS COLETADOS PELOS PERITOS NO LOCAL DO ACIDENTE.

O MINISTÉRIO PÚBLICO ACUSA O CONDUTOR DO VEÍCULO A DE DIRIGIR A 150 km/h, DEVENDO RESPONDER POR HOMICÍDIO DOLOSO PELA MORTE DO CONDUTOR DO VEÍCULO B. O PONTEIRO DO VELOCÍMETRO DO VEÍCULO B CRAVOU NA MARCAÇÃO 100 km/h, CONFORME DADOS COLETADOS PELOS PERITOS NO LOCAL.

VOCÊS FORAM SELECIONADOS PARA COMPOR O NÚCLEO DE FÍSICA FORENSE E COM BASE NAS PISTAS APRESENTADAS DEVERÃO ELUCIDAR O CASO DETERMINANDO A DINÂMICA DO ACIDENTE E APONTANDO POSSÍVEIS CULPADOS.



[Ativar o V](#)  
Acesse as col  
ativar o Wind

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

#### 5.3.3 Construção das cartas de pistas e de sorte e azar

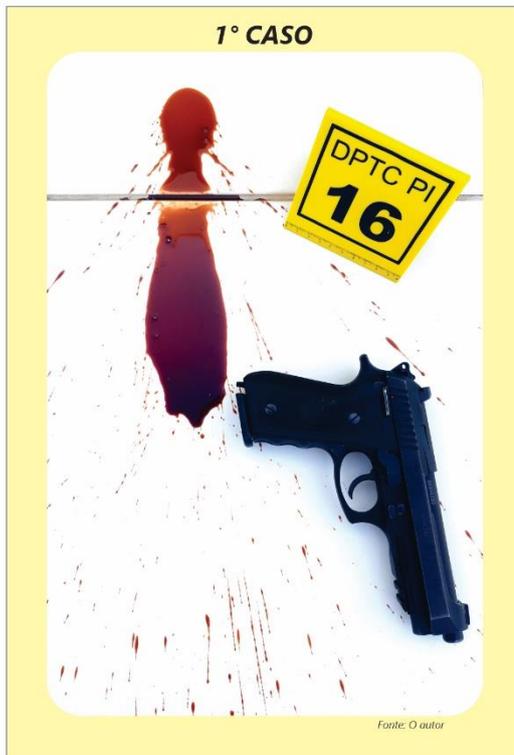
O processo de construção das cartas de pistas e das cartas de sorte e azar norteou-se na manutenção e aperfeiçoamento de duas importantes características do jogo, que são: a jogabilidade e a Física Forense. A jogabilidade, pelo fato de proporcionar no jogo a interação lúdica significativa, e a presença da Física Forense, por mostrar ao aluno a relação desse tópico da Física com os conteúdos estudados na Mecânica e o entendimento de que a progressão no jogo está condicionada à resolução dos problemas propostos nas cartas.

Nas imagens a seguir temos algumas das cartas de pistas. As demais cartas encontram-se anexadas no APÊNDICE B.

## Carta de pista. Primeiro caso: Morte violenta no edifício Dubai

Figura 12 – Carta de Pista 1º Caso

FRENTE



VERSO

A tabela a seguir mostra a relação entre as lesões apresentadas por um corpo ao sofrer precipitação e a velocidade atingida na colisão contra o solo suposto rígido.

Velocidade Final (m/s)	Lesões
10 - 15	Fraturas em membros inferiores, superiores ou cabeça e presença de hematomas. risco de morte baixo.
16 - 20	Fraturas múltiplas e pouco dano à pele, fratura no crânio. Risco de morte elevado.
Acima de 20	Fraturas múltiplas, roturas das vísceras. E grande hemorragia interna. Pouco dano à pele. Morte imediata

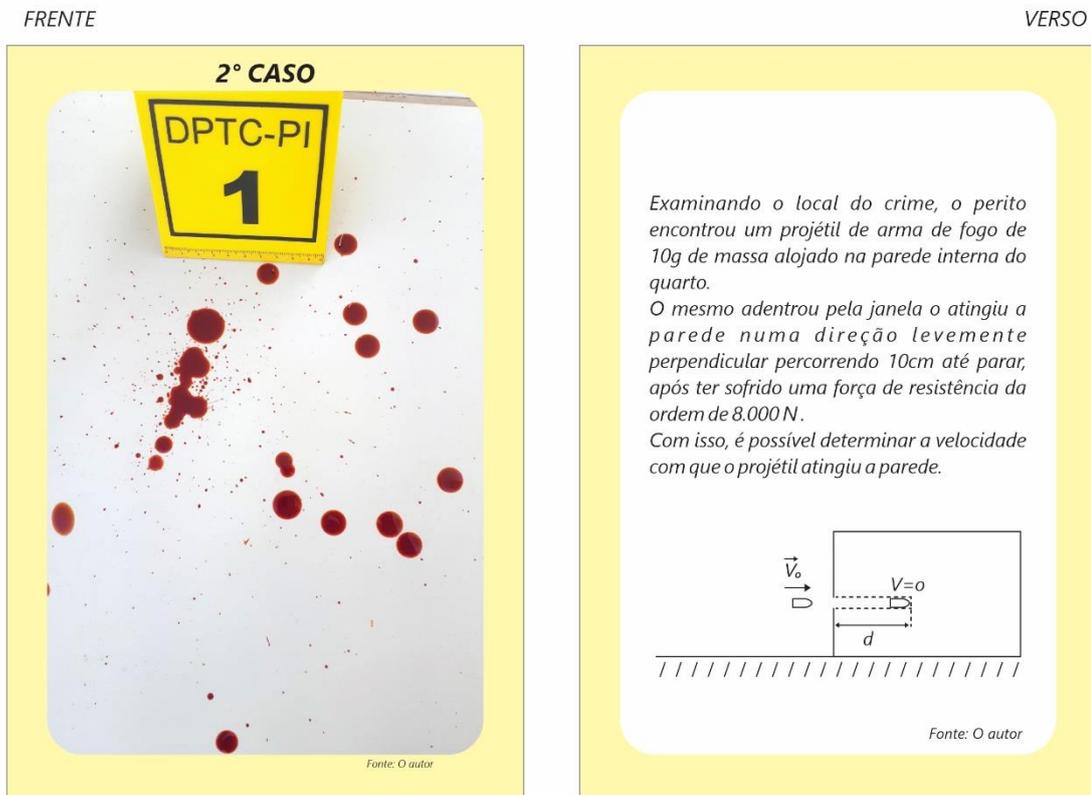
Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

## Carta de pista. Segundo caso: Morte violenta do Deputado Federal e sua namorada

Figura 13 – Carta de Pista 2º Caso



Carta: 8,5x12,5cm

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### Carta de pista. Terceiro caso: Morte violenta em Acidente de Tráfego

Figura 14 – Carta de Pista 3º Caso



Carta: 8,5x12,5cm

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

## 5.4 Mecânicas e regras

### 5.4.1 Mecânicas

O formato do tabuleiro foi planejado de forma que pudesse possibilitar a opção de deslocamento único ao aluno após cada questão respondida e cada pista alcançada. Essa dinâmica permite com que cada partida seja única em relação à sequência de perguntas/pistas. O jogo apresenta-se da seguinte forma: o jogador (aluno) movimenta-se numa trilha em sentido anti-horário a partir do ponto assinalado como “Núcleo de Física Forense” até chegar ao local onde há a figura de uma vítima de um crime. Nesse percurso, o investigador terá contato com os vestígios por meio das cartas apresentadas com o objetivo de formar sua convicção sobre a dinâmica do crime após analisar as evidências.

A mecânica de um jogo pode ser definida como o conjunto de regras ou métodos desenvolvidos para viabilizar a comunicação do aluno com o jogo e em regra, é o fator responsável por criar no jogo um ambiente de motivação, diversão e entreterimento, tornando o lúdico mais efetivo. Nesse sentido, definimos jogabilidade como a mecânica principal de um jogo, ou seja, é a mecânica que será processada em todos os casos, não sendo passível de modificações, ante o risco de mudanças no propósito do jogo.

Todo o processo de elaboração das mecânicas de jogo e definição das regras é feito durante os testes de jogabilidade, pois não há como prever antecipadamente qual será a interação do jogador ao jogar. Cada ação do jogador é importante e deve ter influência no resultado final do jogo para que ocorra uma “interação lúdica significativa” (SALEN; ZIMMERMAN, 2012, p. 49-50).

Todas as mecânicas foram aperfeiçoadas no decorrer das aplicações de cada caso e moldadas conforme as manifestações dos alunos durante as partidas. Após essa etapa, o jogo sofreu algumas alterações até chegar ao protótipo final.

#### 5.4.2 Regras

O jogo tem início com as equipes jogando os dados para que se possam determinar aqueles que darão o passo inicial no tabuleiro a partir da instituição de pesquisa denominada de “Núcleo de Física Forense”. Dessa forma, a soma dos números obtidos nos dois dados corresponderá à quantidade de casas que aquela equipe ou aquele jogador se moverá pelo tabuleiro. A equipe que obtiver no lançamento do dado um número superior ao número de casas que deveria percorrer no tabuleiro, poderá optar por parar na casa de sua conveniência e coletar a carta de pista ou carta de sorte ou azar conforme seu interesse, tendo em vista que não seria vantajoso deixar pistas para trás.

As cartas de sorte e azar podem dar bônus ao jogador ou provocar-lhe perdas e atrasos no jogo. A depender da sorte, o jogador pode avançar do perímetro de segurança para o perímetro de processamento ou o processo contrário. Caso o jogador esteja no perímetro de processamento e tenha que retornar ao perímetro de segurança, deverá (de acordo com sua escolha) ir para aquela pista que achar conveniente. Entretanto, o mesmo precisará retomar sua saga a partir daquele ponto e percorrer novamente todas as casas. Caso o jogador esteja no perímetro de segurança e receba o bônus de ir para o perímetro de processamento, deverá repousar seu peão na primeira pista constante dentro desse perímetro e a partir desse ponto prosseguir no jogo.

Vencerá o jogo a equipe que chegar primeiro à casa da última pista demarcada no tabuleiro como local de encontro do corpo da vítima. Além disso, a equipe deverá apresentar a solução do caso. Portanto, o êxito na resolução de cada caso está condicionado à rapidez na verificação das pistas e na conclusão da análise das provas apresentadas em cada caso. O professor é o mediador e responsável pela análise das respostas de cada equipe, a fim de determinar o grupo vencedor do caso.

### **5.5 Design do jogo**

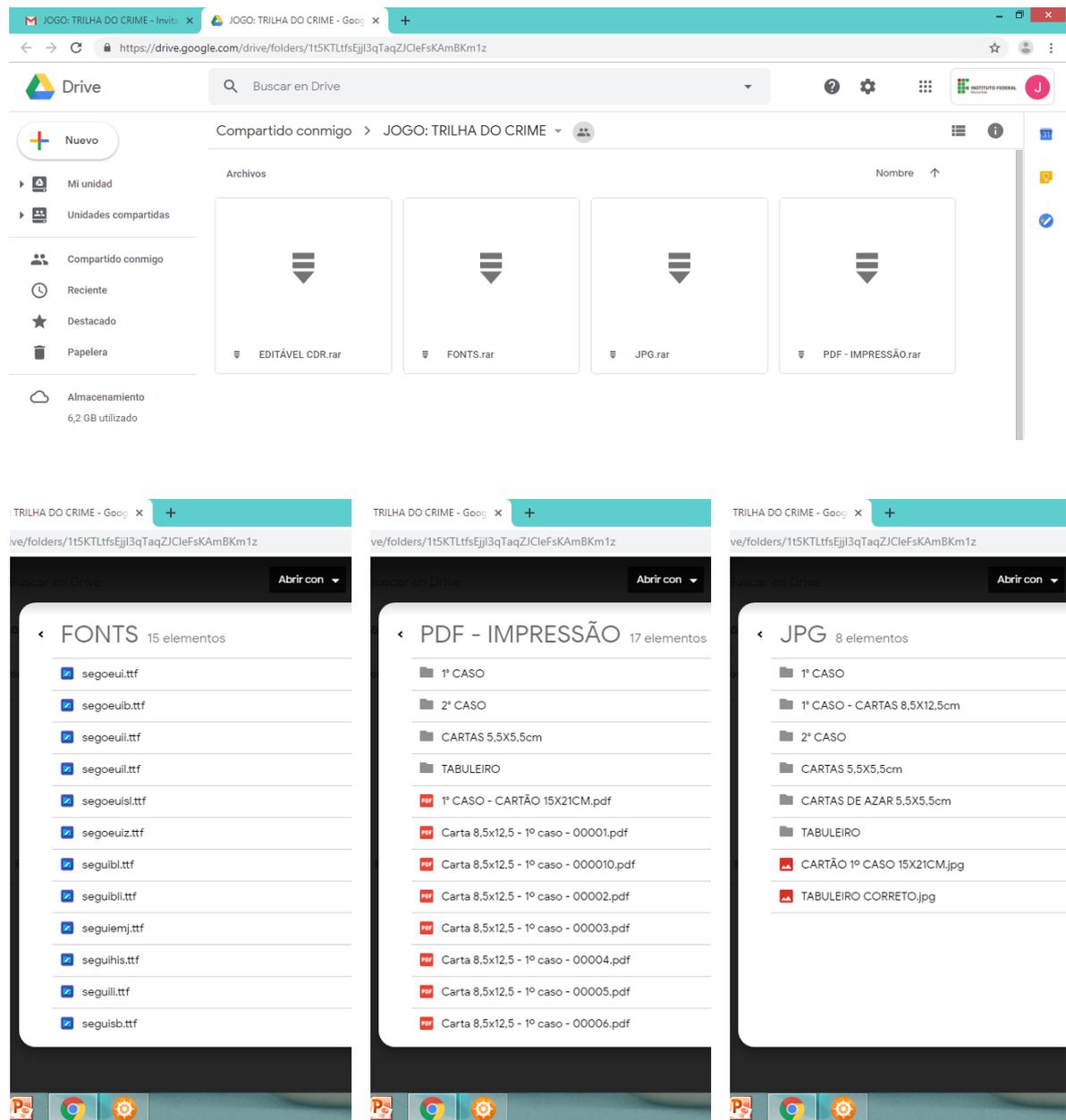
Inicialmente, todo o protótipo do jogo foi confeccionado de próprio punho com papel e caneta e em algumas situações por meio de recorte e colagem de figuras para que surgissem as primeiras idéias sobre as mecânicas e regras que seriam utilizadas. A ideia inicial seria de que após essa confecção do primeiro protótipo precisaríamos de uma aparência mais profissional e genuína do jogo. Assim, iniciamos a criação do *layout* do jogo com ajuda de alguns programas, tanto de edição de imagens como de vetorização. O uso da *Internet (web)* foi importante para que pudéssemos obter alguns parâmetros de construção e moldagem do jogo, buscando sempre imagens de alta resolução que fossem compatíveis com as dimensões e formatos dos elementos do jogo.

Com a definição do primeiro protótipo, definimos os tamanhos que seriam adotados para os elementos existentes no jogo, sendo: tabuleiro (60 cm x 40 cm), cartas de pista (5,5 cm x 8,5 cm), cartas de sorte e azar (5,5 cm x 5,5 cm) e cartão do caso (21 cm x 15 cm). Com essas medidas definidas, ficou prático e organizado conduzir uma sequência na edição.

Decidimos utilizar apenas duas fontes na edição para que o jogo obtivesse um *layout* intuitivo e de fácil leitura. Para os textos e descrição de informações referentes à cada caso usamos a fonte *Segoe UI* e para algumas fórmulas foi utilizada a fonte *Times New Roman*.

Para o armazenamento de todas as informações produzidas ao longo da criação dos *layouts* do jogo utilizamos o *Google drive*. O uso dessa ferramenta foi muito importante, pois temos a vantagem de salvar, modificar, editar e compartilhar os arquivos a qualquer momento. Podemos verificar os arquivos armazenados na imagem a seguir.

**Figura 15** – Página do *Google drive*. *E-mail* do autor.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa tela, o primeiro item é um arquivo editável em formato *CDR* que pode ser modificado a qualquer momento. O segundo ítem são os arquivos fontes usados na confecção dos textos e das fórmulas. O terceiro ítem são os arquivos de imagem em formato *JPG* que podem ser visualizados em aparelhos celulares e outros ou usados para simples conferência. Essas imagens foram usadas no texto da dissertação, tendo em vista sua facilidade em exportar para o programa de edições de texto *Word*. Por fim, temos na tela os arquivos exportados em formato *PDF* que possuem a função de serem utilizados para a impressão do jogo em gráficas para aqueles que queiram fazer a reprodução dos exemplares.

A edição de imagens foi executada por três *softwares* amplamente conhecidos no mercado, são eles: *CorelDraw X8*, *Adobe Illustrator CC2018* e o *Adobe Photoshop CC2018*.

Desenvolvidos e comercializados pela *Adobe Systems*, o *Adobe Illustrator CC2018* e o *Adobe Photoshop CC2018*, são considerados líderes no mercado dos editores de imagens profissionais. Sua função dentro do jogo foi muito importante, pois redimensionamos, recortamos, convertimos e exportamos imagens com qualidade, inclusive, acima do esperado.

O *CorelDraw X8* é um programa de desenho vetorial bidimensional desenvolvido pela *Corel Corporation*. Ele foi o programa mais utilizado dentre todos os citados até aqui, tendo em vista o caráter bidimensional presente em diversas cartas do jogo, pois dentro de sua plataforma podemos montar toda a estrutura do jogo, reunindo elementos importados dos outros programas para que pudéssemos, nesse caso, realizar a montagem, a edição e a finalização do *layout*.

## 6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

### 6.1 Aplicação do jogo

#### 6.1.1 Local de aplicação

O produto educacional foi aplicado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), localizado na Av. Luís Firmino de Sousa, N° 3907, Vila Bandeirantes (Mutirão), na cidade de Timon-MA.

**Imagem 2** – IFMA Campus Timon - Local de aplicação



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

A instituição possui oferta de cursos técnicos integrados ao Ensino Médio nas áreas de Eletromecânica, Eletroeletrônica, Edificações e Administração, com turmas presentes no período matutino e vespertino. A pesquisa proposta foi aplicada em uma turma da primeira (1ª) série do Ensino Médio.

#### 6.1.2 Descrição da aplicação

O jogo foi aplicado em uma turma da primeira (1ª) série do Ensino Médio, constante na oferta de cursos técnicos da instituição. Na ocasião, dispusemos de um grupo de 30 discentes que foram divididos em grupos de 3 ou 4, totalizando 9 grupos. Utilizamos três mesas para aplicação do jogo, ou seja, em cada mesa foi disposto um tabuleiro. Assim, em cada mesa tivemos três grupos jogando o jogo de forma competitiva. Após ser dado início à partida, vence aquela que obtiver primeiro a solução do caso.

O objetivo principal de aplicarmos o jogo para essa clientela se deve ao fato desses alunos já terem estudado os conteúdos de Física presentes nos casos propostos pelo jogo educacional. O professor, considerado mediador durante a aplicação, irá recolher as cartas após o término do tempo limite de aplicação do jogo. Após isso, as equipes deverão regidir sua resposta detalhada para a resolução do caso e o professor anunciará a equipe que obteve a elucidação completa do problema proposto.

Na imagem a seguir, mostramos as equipes posicionadas nas mesas durante disputa em andamento no interior da biblioteca da instituição. A escolha por este espaço justifica-se pelo fato de conseguirmos manter uma distância razoável entre as mesas e evitar, dessa maneira, o prejuízo de comunicação entre as equipes.

**Imagem 3** – Disputa em andamento na biblioteca.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

A seguir, mostramos as equipes posicionadas nas mesas durante a disputa em andamento no pátio da instituição. Escolhemos esse espaço porque, além de proporcionar uma distância razoável entre as mesas, tínhamos a intenção de captar imagens de discentes curiosos de outras turmas interessados em conhecer o jogo. Essa estratégia foi alcançada.

**Imagem 4** – Disputa em andamento no pátio.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### 6.1.3 Duração da aplicação

O tempo da atividade, incluindo a explicação das regras, o jogo e a discussão final com a turma, dura em média 120 minutos, o que corresponde a pouco mais de duas aulas, considerando que a duração de uma aula, na maior parte das instituições de ensino no Brasil, é de 50 minutos, o que torna o jogo compatível com a aplicação no ambiente escolar.

Ao final do processo, os alunos foram questionados sobre a utilização do jogo, no que diz respeito à sua aplicabilidade, jogabilidade, estrutura física, facilidade de adaptação, *design*, divertimento e motivação, assim como a aquisição de competências do educando ao concluir cada etapa do jogo.

## 6.2 Levantamento dos dados

Inicialmente fizemos o levantamento geral do local de aplicação do jogo, levando-se em conta a estrutura física, espaços físicos e modalidade do curso, ao qual iríamos aplicar o produto educacional. Esse registro foi realizado por meio de anotações e consulta ao banco de dados da instituição.

Durante os testes de jogabilidade usamos aparelhos *smartphones* para gravação de áudios, vídeos e fotografias dos discentes durante o andamento das partidas. Com essa metodologia, tentamos adquirir o máximo de informações relevantes em relação à interação

entre os jogadores. Nessa etapa, mantivemos a câmera ligada em todo o intervalo de duração da partida para tentar captar sensações, expressões e interações dos jogadores, e não apenas uma imagem visual de um lapso temporal do jogo.

Na situação observacional, focar nas ações que ocorrem no ambiente, em contraste com a forma de descrever a pessoa ou a cena, é um modo de observar o que está acontecendo, e, ao mesmo tempo, de minimizar o estereótipo. O objetivo é registrar uma “imagem vívida” em vez de um “estereótipo visual” (EMERSON; FRETZ; SHAW, 1995, p. 70-71 *apud* YIN, 2010, p. 50).

Após a conclusão de cada disputa, coletamos as anotações dos discentes referentes às resoluções dos casos a fim de mensurar o desempenho nessa atividade. A última fase do levantamento de dados foi a aplicação do questionário. Nessa etapa, realizada dentro da sala de aula, os questionamos sobre o jogo do ponto de vista de jogabilidade, dificuldade, divertimento, regras e *design* do jogo.

### **6.3 Aplicação do questionário**

Aplicamos dois questionários de opinião sobre o jogo, a fim de proporcionar a validação do produto educacional. O primeiro questionário foi aplicado logo após a conclusão dos casos apresentados. Nesse questionário propusemos uma análise superficial, imediata e direta do aluno e sua visão sobre a temática do jogo. O Segundo questionário foi aplicado após a conclusão das análises do professor para cada resposta dada pelo grupo na elucidação do caso. Os discentes conferiram seus resultados e desempenho no jogo, e em seguida responderam o questionário com perguntas mais objetivas e detalhadas sobre o jogo.

Logo, suas opiniões, através dos questionários, foram de suma importância para o aprimoramento do jogo, pois é nos testes de jogabilidade que alteramos as regras do jogo a fim de proporcionar uma interação lúdica constante do início ao fim de cada partida.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os fundamentos e elementos principais da ABRP estruturam-se em eixos norteadores da aprendizagem do ponto de vista interacionista, sendo eles: o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração. O jogo educacional de tabuleiro proposto para ser jogado de forma competitiva (entre as equipes) e, ao mesmo tempo, colaborativa (entre os membros de cada equipe), mostrou-se adequado para explicar as influências desse método no ensino de Física praticado com jogos educacionais de caráter investigativo.

Do ponto de vista da aprendizagem, devemos reconhecer que o educando e o professor devem ser sujeitos ativos nesse processo. O professor como mediador é responsável pela criação das situações problema a partir de situações reais e proporcionar discussões em grupo entre os alunos. Nessa temática, o educando deve apresentar-se de forma ativa em busca do conhecimento, e essa aceitação pode ocorrer de forma espontânea com a interação lúdica significativa presente no jogo. Ribeiro (2008) destaca a importância do professor como mediador e também do aprendizado voltado para a integração de conteúdos baseado nos conhecimentos prévios dos discentes em situações de contextos reais, no qual ambos são considerados bases do ensino voltado à ABRP. É importante destacar que:

O processo PBL consiste de uma seqüência de ciclos de trabalho com problemas. Um ciclo inicia-se com a apresentação de um problema, o qual é analisado e definido pelos alunos em grupos (Passo I). Delegar a definição do problema aos alunos é relevante na medida em que se sabe que muitos profissionais não sabem solucionar problemas porque não conseguem defini-los. Após a identificação do problema, os alunos, facilitados pelo tutor, discutem-no livremente e levantam hipóteses a respeito de suas causas (Passo II). No Passo III os alunos avaliam a propriedade das hipóteses arroladas, confrontando-as com os dados encontrados nos problemas, e tentam solucioná-lo com seus conhecimentos prévios. Este passo também é uma oportunidade para que os alunos tragam à luz seus conceitos deficientes e equivocados sobre o assunto em questão, que podem ser subsequentemente retificados pelos tutores. Uma vez que não obtêm sucesso na solução do problema com os conhecimentos de que dispõem, os alunos levantam os pontos ou questões de aprendizagem (conceitos, teorias, etc.) necessárias para solucioná-lo (Passo IV) e planejam o trabalho do grupo (RIBEIRO, 2008, p. 26).

Nesta seção, apresentamos os resultados atingidos com a aplicação do produto educacional, no que concerne às reações dos alunos durante cada partida do jogo “Trilha do Crime”. Esta análise faz-se necessária, sendo indispensável em pesquisas de caráter puramente qualitativa. Além disso, a aplicação dos questionários e análise das respostas com relação à resolução de cada caso do jogo serviu de embasamento para aferição dos resultados.

Nas análises a seguir, temos as nove equipes distribuídas em três tabuleiros jogando de forma competitiva, a fim de elucidar o caso apresentado em cada partida. Ou seja, em cada tabuleiro (mesa) tínhamos nove ou dez discentes.

Considerando a discussão apresentada no Capítulo 02 deste trabalho, que trata da teoria interacionismo social de Vigotsky e da interação lúdica significativa, resolvemos nos dirigir aos alunos como: tabuleiro 01, tabuleiro 02 e tabuleiro 03, pois, assim, nos referimos a todos que compõem “a mesa” e não somente a uma equipe específica de cada mesa.

## 7.1 Análise das reações dos alunos durante a aplicação

### 7.1.1 Primeiro caso: Morte Violenta no edifício Dubai

A teoria do interacionismo social de Vigotsky corrobora com o ensino baseado em jogos educacionais. No jogo de tabuleiro aqui proposto, fica evidente a interação entre os jogadores. Vigotsky afirma que essa interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. Na imagem a seguir, podemos ver as equipes interagindo durante a partida.

**Imagem 5** – Tabuleiro 01. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa imagem, podemos observar um dos componentes interpretando uma ação e explicando ao colega seu ponto de vista e perspectiva sobre a informação encontrada numa das cartas de pista.

**Imagem 6 – Tabuleiro 01. Equipes em disputa.**



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa imagem verificamos a interação dos demais componentes da mesa com os demais membros. A partida está exaurindo em jogabilidade e os participantes tendem a interagir de forma mais incisiva no jogo.

**Imagem 7 – Tabuleiro 01. Equipes em disputa**



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa imagem os jogadores chegam à etapa final do jogo nesse caso, no qual passam a acelerar o número de anotações a fim de que se formem concepções e convicções acerca da elucidação do caso.

**Imagem 8** – Tabuleiro 01. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa imagem temos as equipes do tabuleiro 02 em disputa acirrada para elucidação do caso.

**Imagem 9** – Tabuleiro 02. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

**Imagem 10** – Tabuleiro 02. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

As equipes do tabuleiro 03 mostraram-se mais tímidas em relação às demais. As reações eufóricas foram mais discretas. Entretanto, em diversos momentos mostraram-se espantados, tensos, ansiosos para chegar à elucidação do caso.

**Imagem 11** – Tabuleiro 03. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

**Imagem 12** – Tabuleiro 03. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### 7.1.2 Segundo caso: A morte do Deputado Federal

Na aplicação do segundo caso, alteramos o espaço da biblioteca da instituição para o pátio com o objetivo de atrair curiosos e mensurar a aceitação do jogo por pessoas alheias à disputa. Na imagem a seguir, vemos o professor que, segundo Vigotsky, é o mediador e tem a função de intervir na ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal) dos alunos, tendo em vista que ele pode auxiliar os alunos na resolução de problemas que apareçam no decorrer da leitura de cartas. Nas imagens, podemos observar ainda que os tabuleiros 01, 02 e 03 sofreram alterações na composição das equipes em relação à aplicação do primeiro caso. Esse fato ocorreu de forma espontânea entre os jogadores.

**Imagem 13** – Professor mediador.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

**Imagem 14** – Tabuleiro 01. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

**Imagem 15** – Tabuleiro 02. Equipes em disputa.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

**Imagem 16** – Tabuleiro 03. Equipes em disputa.

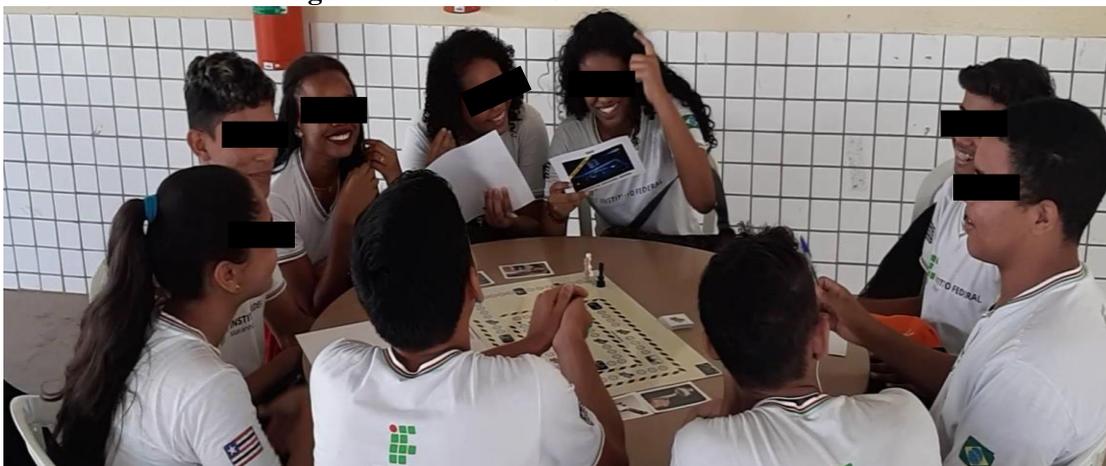


Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### 7.1.3 Terceiro caso: Morte Violenta em Acidente de Trânsito

Na aplicação do terceiro caso as percepções continuam a se confirmar do ponto de vista da interação lúdica significativa, onde os alunos adquirem mais habilidades e rapidez na condução da partida. Nessa etapa as regras estão bem mais claras aos jogadores resultando numa partida mais objetiva do ponto de vista da duração de duas aulas consecutivas (100 min) conforme previsto antes da aplicação de cada caso do jogo.

**Imagem 17** – Tabuleiro 02. Partida em andamento.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Nessa aplicação, as equipes do tabuleiro 03 mantiveram praticamente a mesma composição dos casos anteriores. Esses jogadores, antes tímidos, discretos e tensos, comportaram-se de forma dinâmica e interagiram de forma lúdica durante a partida.

**Imagem 18** – Tabuleiro 03. Partida em andamento.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

Ao final da aplicação do terceiro caso, alunos de outras turmas da instituição aproximaram-se das mesas e passaram a acompanhar as partidas. Com olhos atentos, focaram nas ações dos jogadores e, principalmente, no *design* do jogo, dirigindo perguntas ao professor em relação ao mesmo, e pedindo que o jogo fosse aplicado em suas turmas. Ratificamos que, em função dos conteúdos presentes no jogo, é viável a aplicação em turmas de primeira (1ª) série do Ensino Médio, ao final de cada conteúdo abordado nos referidos casos, conforme manual do jogo.

Salen e Zimmerman (2012, p. 49) apontam para essas nuances do jogo, uma vez que consideram que uma das metas do *design* de jogos bem-sucedido é o de trazer ao jogador experiências com sentido e, ao mesmo tempo, significativas. Contudo, ressaltando que todo jogo pode assumir uma variedade quase infinita de formas, culminando com elevada dificuldade para que se identifique a interação lúdica significativa ali presente.

**Imagem 19** – Tabuleiro 03. Alunos de outras turmas acompanhando a partida.



Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

## 7.2 Análise da resolução dos casos

Além das análises que serão apresentadas a seguir, sintetizamos todas as respostas das 09 equipes, considerando nossa amostragem (30 alunos) por meio de gráficos, a fim de reforçar o caráter qualitativo da pesquisa em face dos dados quantitativos coletados. Caracterizamos a resposta a cada caso em 05 termos:

- Caso elucidado com provas contundentes;
- Caso elucidado com deficiência de provas;
- Caso não elucidado (Falta de provas, autoria errada, etc).

No primeiro caso, tínhamos um local de morte violenta decorrente de precipitação, onde a vítima foi projetada da janela do 8º andar do edifício Dubai. A princípio, os jogadores apropriaram-se de diversas provas apresentadas nas cartas de pista, de acordo com o andamento do jogo. Essas evidências poderiam ajudar a chegar à resolução do caso, entretanto, elas deveriam determinar parâmetros físicos da queda do corpo, tais como: velocidade horizontal e vertical, tempo de queda e alcance horizontal. Assim, a elucidação do caso teria um conjunto probatório robusto e de difícil contestação.

Na imagem que segue, nos deparamos com o primeiro problema, a saber: a equipe solucionou o caso, porém cometeu um erro matemático grave. Em termos técnicos, o trabalho pericial seria contestado facilmente e a elucidação do caso estaria completamente comprometida. Com essa análise, a equipe reconheceu a importância do cuidado ao analisar esses parâmetros.

**Figura 16** – Resposta do primeiro caso.

*Sei 5 segundos. Não foi um suicídio porque não houve hemorragia, e danos nas visceras, e não haveria manchas de sangue no quarto. Também não seria um acidente porque a distância do corpo para o prédio seria menor, formando uma linha na área disso, o corpo não teria um pulso, e fala que a distância é 2,75 m, deixando a dizer que foi um homicídio.*

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25}{10}} = \sqrt{\frac{50}{10}} = \sqrt{5} = 2,23 \text{ s}$$

Ativar o Windows  
Acesse as configurações do computador para  
ativar o Windows.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Na imagem a seguir, encontramos uma situação inusitada, a saber: a equipe coletou provas contundentes, concluiu todos os problemas sem falhas matemáticas, porém, apontou a autoria errada do crime. Obviamente, essa falha provém de uma falha da equipe ao analisar as



**Figura 18** – Resposta do primeiro caso.

to, assim, o assassino/assaltante chegou ao ato de lhe jogar pela janela. Ele estava correndo na velocidade de  $1,33 \text{ m/s}$  por conta do peso da pessoa, ou seja, jogou e quando ela caiu chegou ao solo a  $2,75 \text{ m}$  de profundidade. Temos a certeza que não foi suicídio porque, se fosse, a vítima teria pego impulso antes de se jogar, consequentemente, a velocidade seria maior que  $1,75 \text{ m/s}$  (que é a medida de uma pessoa de 18 anos correndo).

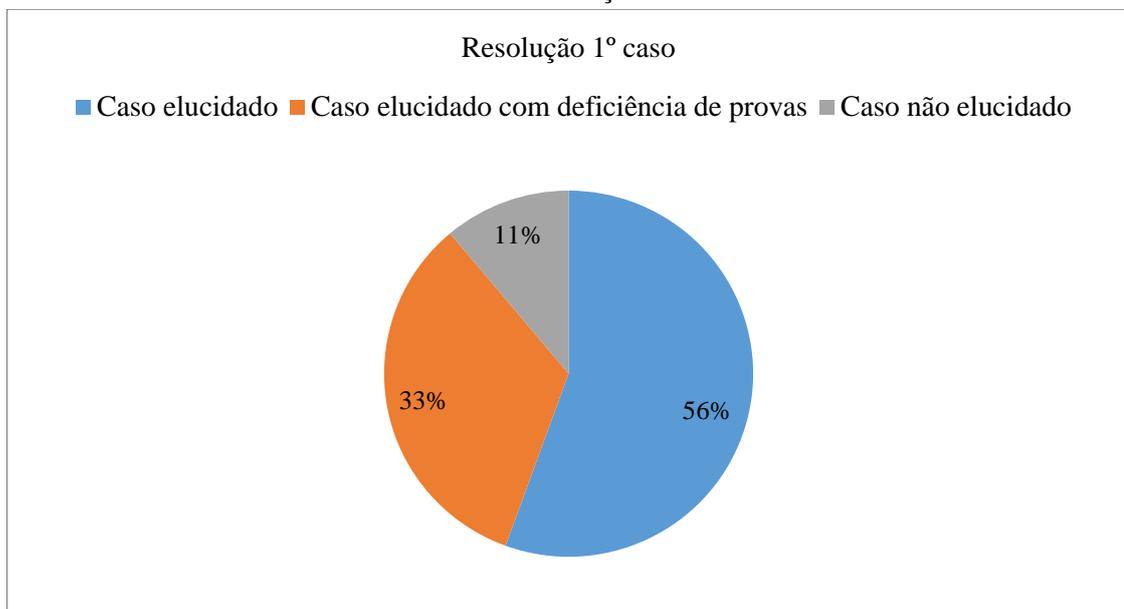
CASO ELUCIDADO.  
PROVAS CONTUNDENTES

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Ativar o Windows  
Acesse as configurações do computador para ativar o Windows.

De um total de 09 equipes, 05 delas atingiram esse objetivo, 03 equipes apresentaram deficiências em pontos específicos, porém obtiveram êxito na elucidação do caso e 01 equipe não conseguiu resolver o caso.

**Gráfico 1** – Resolução do 1º caso.



Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

Na aplicação do segundo caso, tínhamos uma ocorrência de Morte Violenta com disparo de arma de fogo, no qual foram vítimas: um deputado federal e sua namorada. Nessa ocorrência, o aluno deveria analisar parâmetros como: o teorema do impulso, teorema da energia cinética e lançamento horizontal, a fim de elucidar o caso.

Do total de 09 equipes distribuídas em três tabuleiros, apenas uma equipe não logrou êxito na resolução dos problemas físicos ou coleta e análise de provas que reforçariam a elucidação do caso. Ou seja, deixaram o caso em aberto. As demais apresentaram provas contundentes sobre a autoria do crime. Em anexo no APÊNDICE B, temos a solução completa dos casos.

**Figura 19** – Resposta do segundo caso.

8005  
 mov. horiz. e descom. 40cm → queda do projét. e impacto

$$h = \left( \frac{g}{2V_0^2} \right) x^2$$

$$F \cdot d = \frac{m v^2}{2} \quad F = \mu \cdot mg$$

8.000 · 0,10 = 0,10

R → Foi duplo homicídio. Os seguradores da residência mataram o casal e forçaram o homicídio seguido de suicídio. Foi encontrado o material genético de um dos seguradores no cartucho calibre .32 e também o projét. da arma na cabeça do deputado.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 20** – Resposta do segundo caso.

provas adquiridas: **CASO ELUCIDADO**

- O homem recebeu um tiro na cabeça e a mulher recebeu 2 tiros, um na cabeça e um no peito. Não seria possível um homicídio seguido de suicídio, pois não seria capaz da mulher efetuar 2 tiros em si mesma.
- A mulher relatou em um caderno que recebia ameaças.
- A arma deixada na cena do crime possuía material genético de um dos seguradores.
- Os seguradores possuíam pistolas .380 e revólveres .38 e .357, e na cena do crime foram encontradas balas dos calibres .38 e .357.

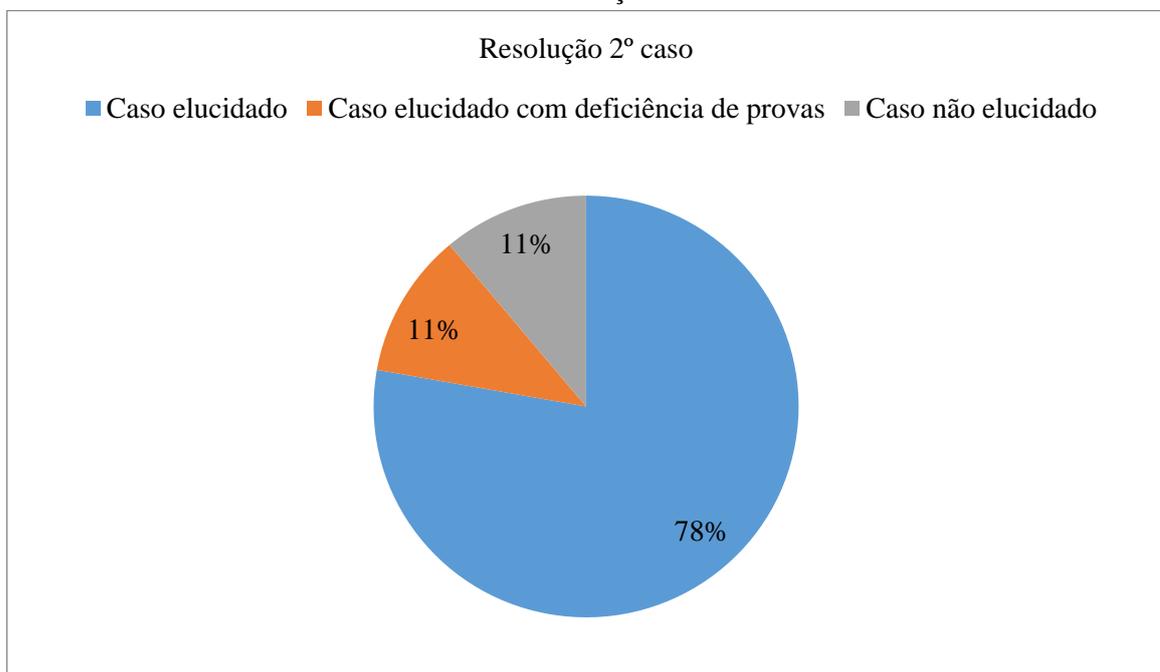
Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 21** – Resposta do segundo caso.

Foi duplo homicídio: as seguradoras da residência mataram o casal e forjaram o homicídio seguido de suicídio. O casal foi morto por uma arma diferente da encontrada no local do crime.

**PARCIALMENTE ELUCIDADO.  
PREJUDICADO POR FALTA DE  
PROVA MATERIAL.**

Fonte: produção dos alunos, 2019.

**Gráfico 2** – Resolução do 2º caso.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

Em comparação com o primeiro caso, no segundo podemos verificar que o percentual de equipes que não elucidaram o caso continuou o mesmo. Entretanto, o percentual de equipes que solucionaram o caso (com um conjunto robusto de provas) atingiu 78%, ante os 56% alcançados no primeiro caso.

Na aplicação do terceiro caso, tínhamos uma ocorrência com Morte Violenta em acidente de trânsito. Nessa ocorrência, a elucidação do caso está condicionada à determinação de parâmetros relativos às leis de Newton e ao princípio da conservação da quantidade de movimento dos veículos envolvidos na colisão.

No terceiro caso, aumentamos o nível de dificuldade de resolução dos problemas inserindo definitivamente a Mecânica na análise do acidente de trânsito, obviamente, assim

como se requer casos dessa natureza, com o objetivo de continuar aprimorando a jogabilidade e a dinâmica do jogo.

Como vemos nas imagens, três equipes apresentaram dificuldades na coleta e análise de provas, principalmente por falta de controle de tempo de jogo e resolução dos problemas que o caso propôs. Assim sendo, a elucidação do caso ficou comprometida por deficiência de prova material.

**Figura 22** – Resposta do terceiro caso.

na falta de segurança. O carro A estava com problemas mecânicos, e também com o cloroformo o motorista do A morreu ao ingerir os vapores aspirados. Foi homicídio culposo em que a mulher do motorista do carro A provocou com o cloroformo, e foi prejudicada pelos problemas mecânicos. Por isso, o exame mostrou o avanço do da suspensão do carro A, a quebra da lengueta do carro B e também os danos provocados pela colisão, isso fez com que o motorista do carro A morresse primeiro, justamente por ingerir os vapores aspirados pelo cloroformo, ele morreu antes de tombou com o carro B.

**PREJUDICADO POR FALTA DE PROVAS.**

Ativar o Windows  
Acesse as configurações do computador para ativar o Windows.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 23** – Resposta do terceiro caso.

Além disso, os pneus traseiros arrebentaram antes da curva. **CASO ELUCIDADO**

Hipótese **OBS: DEFICIÊNCIA DE PROVAS.**

- No momento de realizar a curva, os pneus do carro A arrebentaram, no mesmo momento o carro B que seguia em alta velocidade colidiu de forma violenta contra o carro A, como o motorista do carro B estava sem cinto de segurança, ele morreu na hora, ao se chocar com o painel por traumatismo craniano.

- Foi constatado então homicídio doloso.

Ativar o Windows  
Acesse as configurações do computador para ativar o Windows.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Nas imagens a seguir, vemos que as demais equipes conseguiram resolver o caso de forma completa, sem margem para contestação. Destacamos a interdisciplinaridade e a

contextualização presentes nesse caso e assimiladas pelos alunos. Após a conclusão da partida, os alunos entenderam a diferença na prática entre homicídio culposo e doloso, entre homicídio simples e homicídio qualificado, além de conseguirem associar esses conceitos a outros conceitos do âmbito jurídico presentes nas demais cartas do caso.

**Figura 24** – Resposta do terceiro caso

$a = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}$

Chegamos à conclusão de que os indícios confirmam a veracidade de que o motorista do veículo A cometeu um homicídio doloso, ao mesmo tempo que a esposa do mesmo também tentou cometer homicídio com o mesmo.

**CASO ELUCIDADO**

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 25** – Resposta do terceiro caso

Resultado na morte do veículo B após A.

$\hookrightarrow 108 \text{ Km/h}$        $\hookrightarrow 150 \text{ Km/h}$

$\hookrightarrow$  homicídio doloso

$\hookrightarrow$  morte do 2

A  $\rightarrow$  distração

$\hookrightarrow v >$  que o limite

V. l. do curva ?

$V = \sqrt{M \cdot g \cdot R}$

Determinar dinâmica do acidente  $\rightarrow$  culpados.

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$R = 200 \text{ m}$  de curvatura

Colisão entre veículos  $\rightarrow$  trânsito

Ativar o Windows  
Acesse as configurações do computador para

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 26** – Resposta do terceiro caso

De acordo com o que o motorista do veículo A alega, ele irá ser indiciado por homicídio culposo, visto que o veículo estava com problemas mecânicos e acabou perdendo o controle na curva, e como o motorista estava sem cinto de segurança ele acabou morrendo de traumatismo craniano.

**CASO ELUCIDADO.**

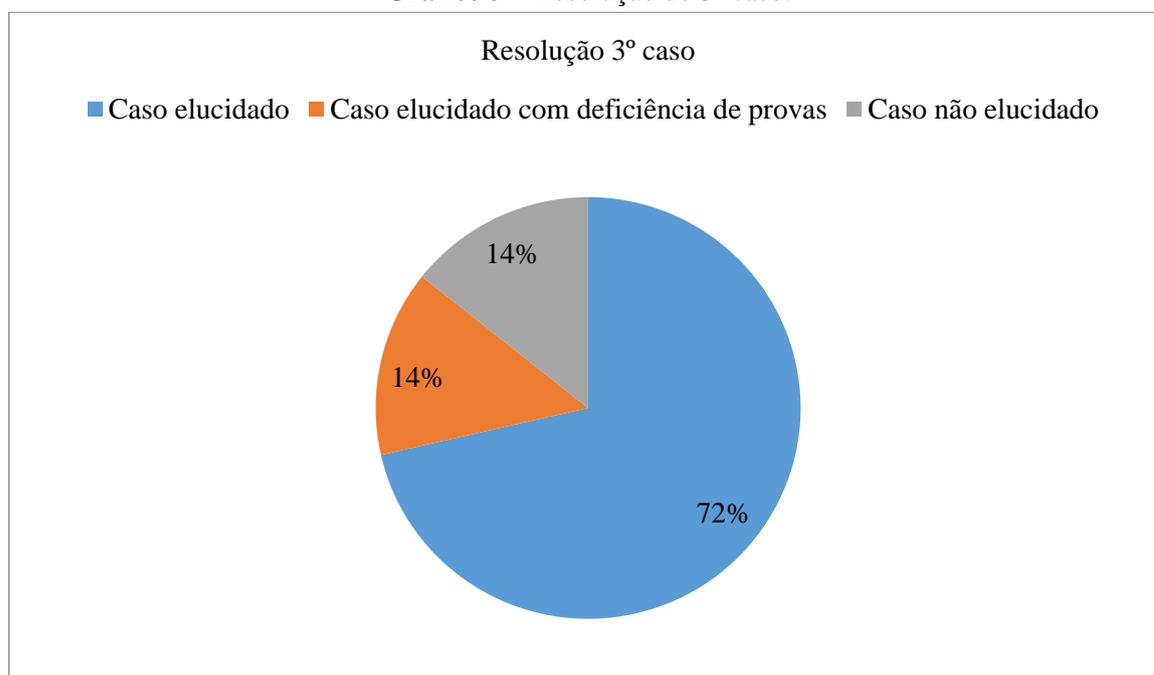
**PROVAS CONTUNDENTES.**

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

No terceiro caso, o percentual de equipes que não conseguiram elucidar o caso aumentou para 14%, fato evidenciado pelos erros encontrados durante os procedimentos de

resolução daqueles problemas que exigem conhecimento de propriedades matemáticas básicas.

**Gráfico 3 – Resolução do 3º caso.**



Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

O papel do professor como mediador contribuiu para que as partidas prosseguissem de forma mais objetiva, evitando grandes lapsos temporais em face das dúvidas encontradas pelos alunos no caminho percorrido no tabuleiro. O fato dos alunos saberem que ao final de cada partida deveriam emitir suas respostas detalhadas não deixa de ser um registro avaliativo sobre cada equipe. A elucidação do caso trouxe a avaliação para perto do aluno sem que este percebesse que estava lidando com uma prova tradicional.

### 7.3 Análise do questionário I

A aplicação do questionário teve como objetivo principal captar as informações dos alunos em relação ao produto educacional, visando alterações na jogabilidade, regras, dinâmicas e *design* do jogo.

No anexo constante no APÊNDICE A temos o questionário I, constituído de 07 perguntas apresentadas aos alunos imediatamente após a realização da aplicação do jogo. Essa estratégia objetivou a coleta das primeiras impressões dos alunos para eliminar possíveis perdas de dados inerentes à interação dos alunos no jogo.

Inicialmente questionamos os alunos sobre suas impressões sobre o jogo para que eles expressassem aquilo que mais gostaram nele e se acharam-no divertido. Essas perguntas serviram para detectar as primeiras impressões sobre a jogabilidade, parte crucial na manutenção da interação lúdica significativa.

**Figura 27** – Resposta do questionário I.

- 1) Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.

Gostei, é um jogo bem divertido, o que  
 pega uma pequena quantidade de peças  
 por não dispor apenas o cálculo e sim  
 lógica.

- 2) Você achou o jogo divertido?

Sim, me diverti bastante jogando  
 esse jogo.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Observamos que todos os alunos acharam o jogo divertido. É importante ressaltar que esses relatos ratificam as manifestações das sensações e interações dos alunos durante a partida, conforme as imagens mostradas na seção anterior.

Na figura 28, podemos observar que o aluno apontou o mistério trazido no jogo. Entretanto, ele não gostou da parte teórica que envolviam os cálculos.

**Figura 28** – Resposta do questionário I.

- 1) Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.

Sim e que eu gostei por causa que o jogo apresenta muito  
 mistério de mente, eu não gostei por haver muita  
 parte teórica no caso de cálculos etc.

- 2) Você achou o jogo divertido?

Sim

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Na figura 29, o aluno ressalta o uso dos conteúdos das aulas presentes no jogo, porém ele não gostou das imagens serem as mesmas. Obviamente, ele faz referência às imagens da frente das cartas de pista que não podem ser alteradas, pois constam também no tabuleiro e devem ter esse padrão, uma vez que o tabuleiro é único e precisa ser usado para todos os casos.

**Figura 29** – Resposta do questionário I.

- 1) Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.

Sim, eu gostei mais porque usa o conteúdo  
dos aulas. Eu não gostei das imagens nem  
as musica.

- 2) Você achou o jogo divertido?

Muito.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Na figura 30, o aluno questiona as cartas de sorte e azar e se diz insatisfeito. Precisamos deixar claro que essas cartas constituem papel importante dentro da dinâmica do jogo, e que o risco de perder em jogabilidade seria elevado com a retirada delas. É provável que este aluno tenha sido prejudicado com um movimento errado no tabuleiro ou durante a escolha das cartas. Essa situação é pertinente e faz parte da jogabilidade.

**Figura 30** – Resposta do questionário I.

- 1) Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.

Gostei bastante do jogo, porque porque é necessário resolver  
crimes, e que prende a atenção. O que mais gostei foi a orga-  
nização do jogo, o que não gostei foi das cartas que dão sorte  
ou azar.

- 2) Você achou o jogo divertido?

Sim, é bem legal, mas faz sentirmos peritos.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Na figura 31, o aluno questiona o uso de dois dados. Sua opinião é pertinente, pois o uso de dois dados pode acelerar muito o jogo e comprometer a análise de pistas, tendo em vista que o número adquirido no somatório apressa a movimentação do jogador no tabuleiro. Sobre considerar o jogo divertido, os alunos apontaram que sim, que o jogo faz com que eles se sintam peritos, investigadores, cientistas.

**Figura 31** – Resposta do questionário I.

- 1) Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.

*Bem gostei muito das cartas e tudo menos  
das das cartas pois acho que não precisa de  
elas.*

- 2) Você achou o jogo divertido?

*Bem*

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Do ponto de vista das alterações sugeridas pelos alunos no jogo, apenas um deles cogitou a possibilidade de inserirmos um cronômetro para o controle e a administração do tempo. Os demais alunos mostraram-se satisfeitos e não apresentaram sugestões de modificação no produto.

**Figura 32** – Resposta do questionário.

- 4) O que poderia ser acrescentado ou modificado no jogo?

*Só acho que deveria ter um cronômetro para adminis-  
trar o tempo.*

Fonte: produção dos alunos, 2019.

Nas figuras 33 e 34, temos dois depoimentos de alunos sobre a aplicação do jogo em aulas futuras. As opiniões foram diversas, desde aqueles que relataram ter sido uma experiência incrível, e de outros que afirmaram que o jogo ser uma estratégia para poder tornar as aulas mais dinâmicas.

**Figura 33** – Resposta do questionário I.

- 5) Você gostaria de usar o jogo Trilha do Crime em outras aulas?

*Con certeza, foi uma experiência incrível.*

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 34** – Resposta do questionário I.

5) Você gostaria de usar o jogo Trilha do Crime em outras aulas?

*gostaria sim, assim a pessoa acaba ficando mais dinâmica*

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Do ponto de vista da interação entre os jogadores de uma mesma equipe, os alunos afirmaram ser indispensável a resolução do caso e a discussão com os colegas de equipe. Essa é uma das características fundamentais do ensino com jogos de tabuleiro.

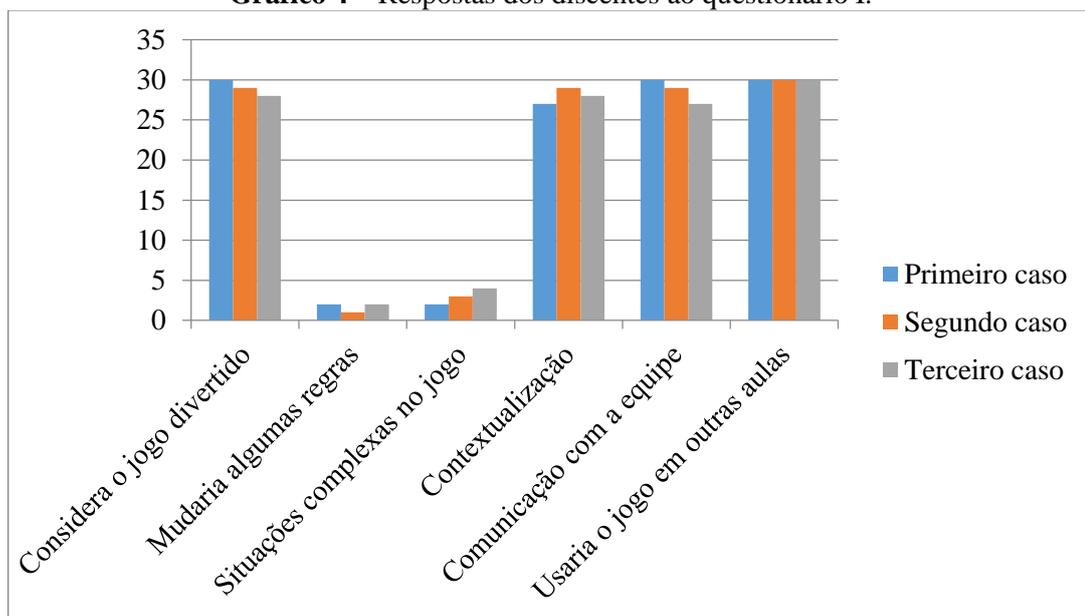
**Figura 35** – Resposta do questionário I.

6) Você precisou da ajuda dos colegas para resolver o(s) caso(s)?

*Sim, nós trabalhamos em equipe para resolver o crime*

Fonte: produção dos alunos, 2019.

No gráfico a seguir, sintetizamos algumas respostas dos discentes em relação aos itens 01 e 02 do Questionário I, tendo em vista que todos os alunos afirmaram ter gostado do jogo investigativo proposto.

**Gráfico 4** – Respostas dos discentes ao questionário I.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

O gráfico acima ratifica a presença da interação lúdica significativa em cada caso proposto pelo jogo ao percebermos o engajamento do discente nesse processo. Os níveis de desenvolvimento cognitivo propostos por Vygotsky ficam evidentes nesse processo de construção do conhecimento, em que a aprendizagem resulta da interação lúdica significativa existente dentro da zona de desenvolvimento proximal.

Todavia, a apresentação dos problemas em cada caso ocorre do ponto de vista duplamente investigativo, a saber: o aluno trabalha com o jogo investigativo por meio de procura de pistas para resolver o caso e desenvolve uma investigação científica do ponto de vista das ciências forenses. Portanto, o contexto de cada caso apresentado aos jogadores, por meio de situações novas (investigação criminal) dentro da ZDP, viabiliza o processo de desenvolvimento cognitivo do aluno.

#### 7.4 Análise do questionário II

O questionário II foi aplicado após o professor fazer a análise das respostas apresentadas pelos alunos em cada caso jogado. Essa estratégia serviu para fortalecer a identidade qualitativa da pesquisa, pois após conhecerem suas performances nos casos os alunos sentiriam-se mais à vontade para opinarem sobre o jogo.

Perguntamos aos alunos se eles já tiveram contato com algum seriado de TV sobre investigação criminal. A intenção dessa pergunta foi verificar se o aluno tinha tendências a aprovar o jogo, pois já estaria previamente motivado a jogar. Todos os envolvidos no processo afirmaram já ter assistido séries de TV sobre investigação criminal e relataram que os mistérios e os processos de coleta e análise de provas aguçaram suas atenções e curiosidades sobre cada caso.

**Figura 36** – Resposta do questionário II.

1. Você já assistiu algum seriado de TV sobre investigação criminal? Em caso afirmativo, o que mais lhe chamou atenção na investigação?

sim, o que me chamou atenção e que me fez  
puxar as pistas e através das pistas descobrir  
o que aconteceu

2. Em toda sua vida escolar, você já teve oportunidade de jogar um jogo de tabuleiro investigativo? Em caso afirmativo, qual o nome do jogo?

não, esse foi o primeiro,

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

As figuras 37 a 38 mostram na questão 02 o depoimento de alunos que afirmam nunca terem jogado um jogo de tabuleiro investigativo em toda a sua vida escolar, retratando que esta metodologia é pouco difundida em nossas escolas. Esse relato manteve-se no questionário de todos os alunos.

**Figura 37** – Resposta do questionário II.

1. Você já assistiu algum seriado de TV sobre investigação criminal? Em caso afirmativo, o que mais lhe chamou atenção na investigação?

Sim, a mente aberta e inteligente dos investiga-  
dores

2. Em toda sua vida escolar, você já teve oportunidade de jogar um jogo de tabuleiro investigativo? Em caso afirmativo, qual o nome do jogo?

não, apenas o Jogo do Crime

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 38** – Resposta do questionário II.

1. Você já assistiu algum seriado de TV sobre investigação criminal? Em caso afirmativo, o que mais lhe chamou atenção na investigação?

Sim, a forma como se resolve os crimes.

2. Em toda sua vida escolar, você já teve oportunidade de jogar um jogo de tabuleiro investigativo? Em caso afirmativo, qual o nome do jogo?

Não, nenhum outro além do Jogo Crime do Crime.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Quanto ao *design*, houve elevada aceitação das equipes. O terceiro caso apresentou resistência de muitos alunos. Atribuímos essa rejeição ao nível de dificuldade enfrentado pelos alunos nesse caso. Na confecção do jogo optamos por elevar a dificuldade gradativamente partindo do pressuposto de que para Vygotsky o uso de obstáculos mais complexos, dentro da zona de desenvolvimento proximal, posiciona aprendizagem à frente do desenvolvimento cognitivo do aluno.

**Figura 39** – Resposta do questionário II.

8. Você gostou do design do jogo? Qual dos casos lhe chamou mais atenção quanto ao design?

Gostei bastante, o 1º.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 40** – Resposta do questionário II.

8. Você gostou do design do jogo? Qual dos casos lhe chamou mais atenção quanto ao design?

Sim, a da morte do deputado e sua namorada

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

Os alunos foram questionados também com relação à capacidade do jogo de despertar o interesse pela Física Forense e suas aplicações no ensino da Mecânica, e se o mesmo contribuiu para aquisição de conhecimentos em outras áreas. Com essas questões conseguimos verificar a relação entre a ABRP e a interação lúdica significativa no âmbito da contextualização dos problemas propostos em cada caso.

Pozo (1998) esclarece que o problema apresentado aos alunos é composto de etapas e deve passar por reflexão e tomada de decisões, sem imediatismo ou soluções automáticas. Dentro da perspectiva dessa temática: “Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p. 21). Todavia, o ensino tradicional ainda preconiza a resolução de exercícios ou problemas fechados através de soluções imediatas e sem viés investigativo.

Além de afirmar que houve entusiasmo e disposição em jogar novamente o jogo nas aulas de Física, os alunos relataram que, após cada partida jogada, conseguiram agregar conhecimentos de outras áreas.

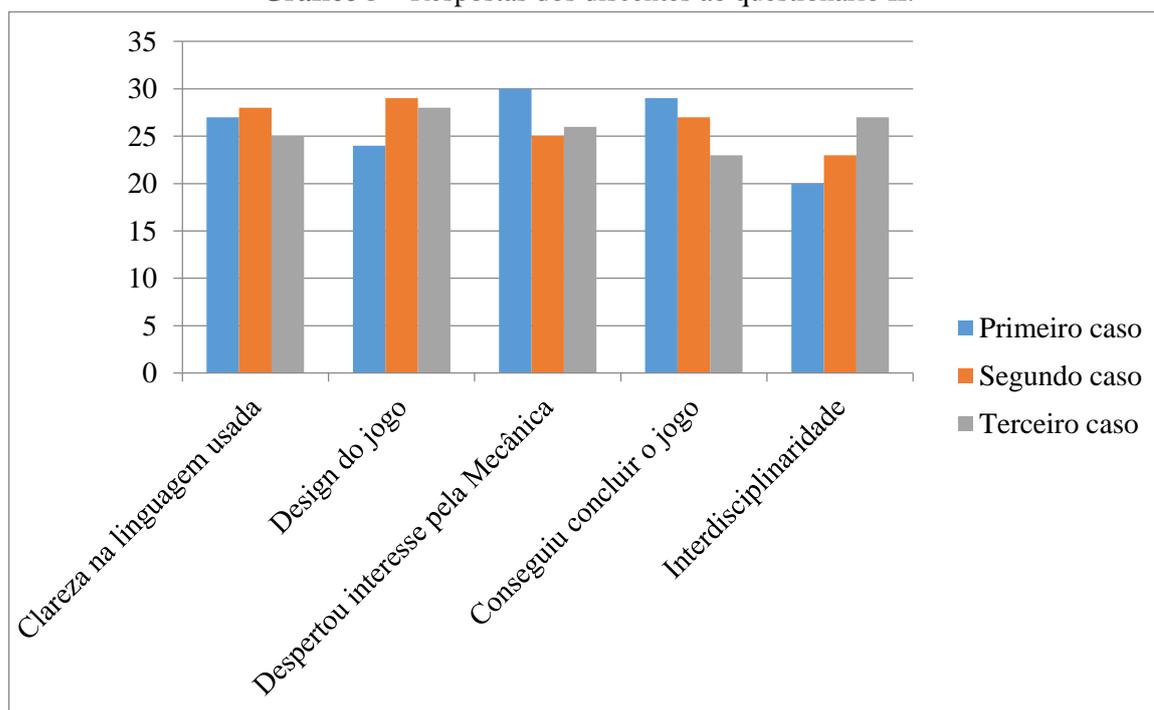
**Figura 41** – Resposta do questionário II.

10. O jogo Trilha do Crime despertou seu interesse pela Física Forense e pelos conteúdos de mecânica estudados na primeira série do Ensino Médio?

Sim, pois foi uma ótima experiência, algo que eu já tinha vontade de estudar.

Fonte: produção dos alunos, 2019.

No gráfico a seguir, sintetizamos as respostas dos alunos em relação ao Questionário II, no que diz respeito à clareza na linguagem usada pelo autor nos casos, ao *design* do jogo, à conclusão de cada caso, aos estudos de Mecânica e, no que diz respeito, à interdisciplinaridade nos três casos propostos pelo jogo.

**Gráfico 5** – Respostas dos discentes ao questionário II.

Fonte: elaborado pelo autor da dissertação.

No questionário tínhamos uma questão aberta, em que o aluno poderia discorrer livremente sobre o jogo. No que diz respeito às regras do jogo, os alunos não demonstraram intenção em alterá-las. Entretanto, um dos alunos cogitou novamente a possibilidade de eliminarmos as cartas de sorte e azar, fato já discutido em ítem anterior. Os demais afirmaram que não mudariam nada no jogo.

**Figura 42** – Resposta do questionário II.

11. Em sua opinião, o que poderia ser melhorado ou acrescentado no jogo?

*Eu tiraria a parte de ter que escolher uma carta de sorte/azar e a pista.*

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 43** – Resposta do questionário II.

11. Em sua opinião, o que poderia ser melhorado ou acrescentado no jogo?

*Tava perfeito.*

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

**Figura 44** – Resposta questionário II.

11. Em sua opinião, o que poderia ser melhorado ou acrescentado no jogo?

nada gostei de tudo, Bem elaborado.

Fonte: Produção dos alunos, 2019.

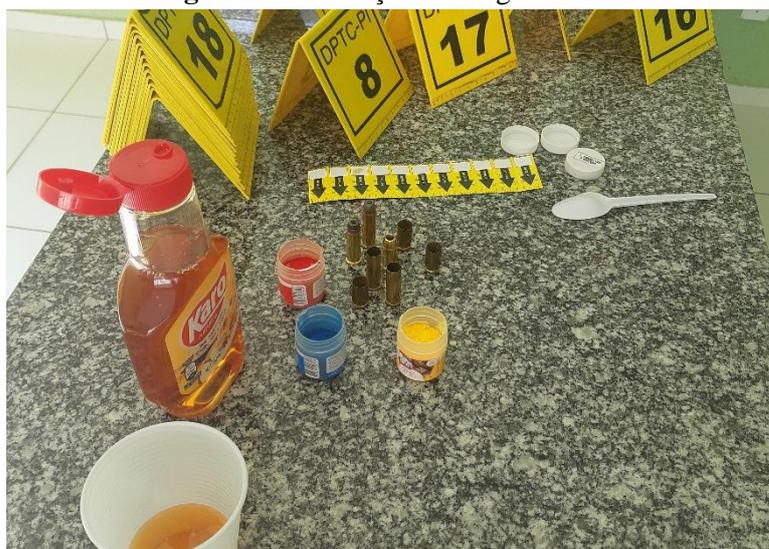
No que diz respeito ao tempo de aplicação, devemos considerar alguns fatores inerentes ao jogo, a saber: o primeiro (1º) fator é a leitura das regras do jogo e a leitura dos cartões de caso que demandam certo tempo, além da organização das equipes ao redor do tabuleiro. O segundo (2º) fator é o andamento do jogo propriamente dito, com coleta e análise de pistas. Por fim, as equipes organizam-se para redigir suas respostas em relação à elucidação do caso. O processamento de todas essas fases do jogo não será eficiente se forem aplicados em uma aula simples. Precisamos de no mínimo um período de 100 minutos, ou seja, duas aulas consecutivas. Ressaltamos que em todas as aplicações superamos a barreira dos 100 min, adentrando na aula do professor seguinte. Contudo, ambos os questionários atenderam as expectativas da pesquisa, considerando que procurávamos mensurar a interação lúdica significativa, aceitação do jogo, experiência e motivação dos alunos.

### 7.5 Modificações realizadas no produto

De acordo com as respostas captadas nos questionários, na resolução dos problemas presentes em cada caso e após análise das reações dos alunos durante cada partida, executamos algumas alterações no produto educacional. A primeira delas foi a substituição de algumas cartas de sorte e azar e exclusão de outras. Antes eram 21 cartas e passamos a contar com apenas 18 cartas. Essa manobra resultou num jogo mais dinâmico e objetivo, no qual aperfeiçoamos a jogabilidade e com isso despertamos nos jogadores mais entusiasmo. Com relação às cartas de pista, executamos algumas alterações nas imagens da frente da carta. O verso permaneceu com o corpo do texto original. Com essa estratégia visamos transmitir aos jogadores mais realidade ao jogo.

Ressaltamos que 05 imagens do jogo foram adquiridas através da compra dos direitos do site mundial *Shutterstock*. As demais imagens foram reproduzidas pelo autor do jogo. Na imagem a seguir, vemos o processo de produção de sangue artificial para confecção de imagem real para inserção em cartas de pista dos casos.

**Imagem 20** – Produção de sangue artificial.



Fonte: elaborado pelo autor da dissertação, 2019.

Essa estratégia teve como objetivo potencializar o lúdico do jogo, proporcionando ao jogador a curiosidade por meio das imagens reais produzidas, facilitando, portanto, a consolidação da jogabilidade do produto educacional.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, nos apropriamos dos aspectos da Física Forense e da Mecânica para desenvolvimento e aplicação do jogo educacional “Trilha do Crime” como recurso didático utilizado no processo ensino aprendizagem da disciplina Física na primeira (1º) série do Ensino Médio.

Mostramos que a literatura comprova que o lúdico proporciona melhorias significativas na aprendizagem, evidenciadas pelas constatações apresentadas quanto à receptividade, interação e troca de saberes dos alunos durante a aplicação do jogo de tabuleiro em aulas de Física. Esse fato ratifica que existe uma relação positiva entre os resultados obtidos nesses trabalhos e as bases teóricas utilizadas em nossa pesquisa. Todavia, ressaltamos que o lúdico deve passar necessariamente pelo jogo e o jogo resulta na jogabilidade.

Utilizamos a definição de jogabilidade para reforçarmos o caráter qualitativo da pesquisa com o objetivo de chegar a conclusões mais aprofundadas a respeito da influência da ludicidade no processo ensino aprendizagem. Para isso, utilizamos a metodologia empregada na produção de jogos comerciais, por meio dos pressupostos teóricos de Salen e Zimmerman (2012), no qual faz-se uso da jogabilidade para projetar alterações que irão promover a interação lúdica significativa.

Obviamente, a interação lúdica significativa é resultado de alterações provocadas na jogabilidade do jogo. A proposta de trabalho com análise de cenas de crime contribuiu para melhoria e aquisição dessas competências sugeridas do ponto de vista da ILS (Interação Lúdica Significativa), possibilitando a construção do conhecimento pautado na interdisciplinaridade e contextualização do conteúdo de Mecânica atrelado à Física Forense, tema pouco abordado no Ensino de Física. Nesse sentido, as Mecânicas do jogo sofreram alterações significativas e fundamentais para verificação do papel do jogo no processo ensino aprendizagem de Física.

A execução dessa atividade em espaços de integração dos alunos, como o pátio e a biblioteca, visou a apresentação do jogo à comunidade escolar. Os alunos de outras turmas não foram avisados sobre a realização da atividade, também não foram induzidos a acompanhar as partidas. Nossa intenção era atrair a atenção de outras turmas, docentes e demais servidores para o aspecto lúdico do jogo. Esse propósito foi alcançado, de forma que nas aulas, que sucediam as aplicações, os alunos questionavam quando seria a próxima

aplicação. Nesse intervalo, alunos de outras turmas questionavam ao mesmo tempo se a aplicação do jogo seria realizada em suas turmas.

A aplicação dessa estratégia de ensino teve relevante aceitação por parte da direção, dos alunos e dos professores de outras áreas. Uma das professoras nos convidou para apresentar o jogo a uma turma de Ensino Superior em licenciatura com o objetivo de mostrar aos seus alunos a metodologia de ensino proposta por ele. O chefe do departamento de ensino acompanhou cada aplicação e se mostrou motivado com o jogo e com a possibilidade de aplicá-lo em outras turmas.

Do ponto de vista da interdisciplinaridade e da contextualização, o jogo mostrou-se eficaz, tendo em vista que o trabalho com o jogo de tabuleiro (com viés investigativo) visa minimizar os problemas que encontramos em relação à compartimentalização da ciência. O estudo pautado na relação entre tecnologia e sociedade resultará num sólido processo de alfabetização científica desse aluno.

Essa pesquisa norteou-se pelo método da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) e pela teoria do Interacionismo Social de Vygotsky. Ambas se complementaram e reafirmaram-se, tendo em vista o caráter lúdico-investigativo do jogo. O método da ABRP reforçou a concepção de que os problemas apresentados aos alunos podem proporcionar, através do pensamento crítico, da colaboração e da cooperação, o desenvolvimento de processos atitudinais em busca do conhecimento para aquisição de habilidades na resolução de problemas com maior autonomia.

O enfoque investigativo, do ponto de vista criminal apresentado no jogo “Trilha do Crime”, inseriu o aluno num contexto de investigação repleto de mistérios, pistas e investigação científica, em que o mesmo precisou se apropriar dos problemas propostos, aperfeiçoar suas concepções prévias e construir novos significados de acordo com os conteúdos que eram apresentados em cada caso.

O jogo educacional proposto, por ser jogado de forma cooperativa e competitiva, apresentou-se alinhado com Vygotsky, segundo nossa linha de investigação. Constatamos por meio do método ABRP que a interação entre os jogadores de cada equipe e a interação entre as equipes nesse ambiente lúdico proporcionaram um momento único de troca de saberes e experiências fundamentais para a formação de sujeitos mais críticos na sociedade, conforme preconizam os PCN's.

Essa característica do jogo faz parte da jogabilidade e reforça também os argumentos de Freire (1996) que considera a troca de saberes essencial para a formação do indivíduo na sociedade. Nesse processo, o professor precisa instigar os alunos a refletirem criticamente

sobre as questões abordadas no jogo. Com o método ABRP, o jogo apresentou em suas ênfases, meios que levaram os alunos a essas assertivas, no decorrer da resolução dos problemas propostos em cada caso.

A interação lúdica significativa, alcançada com o jogo “Trilha do Crime”, pode resultar em metodologias satisfatórias no contexto da aprendizagem dos conteúdos de Mecânica estudados no Ensino Médio e pode agregar positivamente o processo ensino aprendizagem da Física em geral. Além da prática educativa de jogar o jogo, o professor pode ainda trabalhar a construção de novos casos com os alunos, apropriando-se de novos conceitos e de novos problemas em Física, nas demais séries do Ensino Médio.

Como mencionado na literatura deste trabalho, os jogos educacionais mostram-se uma excelente ferramenta e constituem uma prática educativa alternativa no ensino de Física em oposição aos métodos utilizados na maioria das escolas brasileiras. Dessa maneira, nos apropriamos da idéia de que a construção do conhecimento precisa se formular a partir das interações entre os alunos, dos conceitos trazidos de toda sua vida acadêmica para o âmbito lúdico, em consonância com a resolução de problemas apresentados em cada jogo. Obviamente, os jogadores precisaram desenvolver o raciocínio e estabelecer suas hipóteses durante a resolução de cada caso por meio de fórmulas e equações. Entretanto, essa metodologia não constitui uma máxima deste trabalho.

Consideramos que o jogo educacional “Trilha do Crime” superou nossas expectativas em relação aos objetivos apresentados. O interesse dos alunos e a participação em cada etapa desse processo nos mostrou que o produto educacional aumentou o interesse pelo aprendizado de Física e facilitou o entendimento dos conteúdos de Mecânica.

Constatamos ainda, que a estrutura física disponível nas escolas é fundamental para esse processo de construção do conhecimento. Durante as etapas de aplicação observamos que a estrutura disponível em nossa escola facilitou e trouxe comodidade e celeridade ao jogo, numa aplicação em um intervalo de duas aulas seguidas. Se a escola disponibiliza estrutura física ao docente, inclusive para criar novos casos, os objetivos alcançados na primeira série terão grande probabilidade de concretização nas demais séries do Ensino Médio.

Após essas ações, aplicabilidades, práticas para uso na pesquisa, iremos continuar jogando o jogo em outras turmas, e com isso pretendemos construir novos casos para utilização em outros conteúdos da Física no Ensino Médio. Com a pesquisa, voltada ao jogo de tabuleiro, deixamos o campo de saber aberto para novos jogos de tabuleiro ou até digitais, com abordagem dessa mesma temática investigativa, do ponto de vista da resolução de problemas e da investigação criminal.

Entendemos que o processo ensino aprendizagem de Física, através do jogo de tabuleiro, não poderá substituir o trabalho do professor em sala de aula, principalmente se levarmos em conta a preparação desses educandos para os processos de seleção de ingresso no ensino superior (como o ENEM), que deixa o professor atrelado à exposição de uma gama de conteúdos cobrados em cada exame. Porém, ressaltamos que essa ferramenta constitui importante instrumento no processo de construção do conhecimento.

O ensino com jogos não irá mudar de imediato as concepções sobre o ensino em nossas escolas, mas nos mostra que uma aprendizagem motivadora, eficaz, lúdica e prazerosa, minimiza sem dúvida a distância existente entre o professor e o aluno, proporcionando, portanto, um ambiente escolar capaz de promover o desenvolvimento de habilidades que irão refletir positivamente na compreensão dos conceitos de Física presentes no jogo proposto.

## REFERÊNCIAS

- ALBARRACIN, Roberto. *Manual de criminalística*. Buenos Aires: Editorial Policial, 1971.
- ANDRADE, Charles Albert; FARIAS, Jorge Luiz; GOMES, Juliano de Andrade. Speeddetermination at the accident scene: needle slap effect. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 4, n. 2, p. 7-18, 2015. Disponível em: <http://rbc.org.br/ojs/index.php/rbc/article/view/87>. Acesso em: 1 abr. 2018.
- ARAGÃO, Ranvier Feitosa. *Acidentes de trânsito: análise da prova pericial*. 5. ed. Campinas, São Paulo: Millennium, 2011.
- BECK, Caio. Técnica de Richard Feynman. *Andragogia Brasil*, website, 2016. Disponível em: <https://andragogiabrasil.com.br/tecnica-de-richard-feynman/> Acesso em: 15 ago. 2018.
- BOUD, D.; FELETTI, G. Changing problem-based learning. In: BOUD, D.; FELETTI, G. (Eds). *The challenge of problem-based-learning*. Londres: Kogan Page, 1997, p. 1-14.
- BRASIL. *Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Vol. 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2008.
- BROUGÈRE, G. A criança e a cultura lúdica. In: KISHIMOTO, T. M. *O brincar e suas teorias*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002, p. 19-32.
- BROUGÈRE, G. *Brinquedo e cultura*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- BRUNER, J. S. *Uma nova teoria da aprendizagem*. Rio: Bloch, 1976.
- CBC. Companhia Brasileira de Cartuchos. *Informativo técnico*, n. 32, 2018.
- DEMERCIAN, P. H.; MALULY, J. A. *Curso de processo penal*. São Paulo: Atlas. 2001.
- DUCH, B. Problem-based learning in physics: the power of students teaching students. *Journal of College Science Teaching*, mar/abr, p. 326-329, 1996. Disponível em: Acesso em: 1 abr. 2018.
- EMERSON, Robert M., FRETZ, Rachel I.; SHAW, Linda L. *Writing ethnographic fieldnotes*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- EUGÊNIO, T. J. B. Aprendizagem Gamificada. *Revista Neuroeducação*, São Paulo, v. 10. p. 38-45, 2017. Disponível em: <http://tiagoeugenio.com.br/2018/11/25/diferencas-entre-game-gamificacao/>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- FIDELIS, Sílvio Aparecido; TEMPEL, Mônica. *Educação infantil: uma proposta lúdica*. Cuiabá: Carlini e Caniato, 2005.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, Wesley R. S.; JABBOUR, Charbel J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. *Estudo & Debate*, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 07-22, sem, 2011. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/560>. Acesso em: 1 abr. 2018.

GALVÃO, C. (Coord.); NEVES, A.; FREIRE, A. M.; LOPES, A. M.; SANTOS, M. C.; VILELA, M.C.; PEREIRA, M. *Ciências físicas e naturais*. Orientações curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico. Lisboa: Ministério da Educação, 2001.

GARTON, Alisson F. *Social interaction and the development of language and cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1992.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas (RAE)*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar/abr, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2018.

GOLDONI, D.; RIGO, S. J.; ALVES, I. M. R. Contribuições da análise ludológica para a concepção de jogos sérios. *Revista de Sistemas de Informação*, FSMA, n. 13, p. 11-20, sem, 2014. Disponível em: [http://www.fsma.edu.br/si/edicao13/Download\\_FSMA\\_SI\\_2014\\_1\\_Principal\\_2.html](http://www.fsma.edu.br/si/edicao13/Download_FSMA_SI_2014_1_Principal_2.html). Acesso em: 1 abr. 2018.

GUMMESSON, E. Case study research and network theory: birds of a feather. *Qualitative Research in Organizations and Management*, An International Journal, v. 2, n. 3, p. 226-248, sem, 2007. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17465640710835373>. Acesso em: 1 abr. 2018.

HERNÁNDEZ, M.; ROBLES, M. Televisión y Cultura. *Revista Comunicar*, n. 4, p. 95, sem, 1995. Disponível em: <https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=4&articulo=04-1995-19>. Acesso em: 1 abr. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por amostra de domicílios 2018*: acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal: Rio de Janeiro, IBGE, 2018. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 01 maio. 2019.

J. NEWMAN. *What is a videogame? Rules, puzzles and simulations: defining the object of study*. London: Routledge, 2004.

JANN, Priscila Nowaski; LEITE, Maria de Fátima. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. *Ciências & Cognição*, vol.15 (1), p. 282-293, sem, 2010. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/192>. Acesso em: 1 abr. 2018.

JOHANN, Huizinga. *Homo ludens: a study of the play element in culture*. Boston: Beacon Press, 1995.

KAPP, Karl M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

LIEBSCHER, P. Quantity with quality? Teaching quantitative and qualitative methods in a LIS Master's program. *Library Trends*, v. 46, n. 4, p. 668-680, sem, 1998. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/a6a8/e26751bd61d206add94231eb8ba4f693899c.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2018.

LUDWIG, Rafael. *A educação lúdica como processo mediador de aprendizagem*. Cuiabá: KCM, 2006.

MAGALHÃES, Mônica M. G. *A perspectiva da linguística: linguagem, língua e fala*. Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 2, n. 2, p. 9-18, jan/abr, 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34702>. Acesso em: 1 abr. 2018.

MATTAR, João. *Games em educação: como os nativos digitais aprendem*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MAUÉS E. R. C.; LIMA, M. E. C. C. Ciências: atividades investigativas nas séries iniciais. *Presença Pedagógica*, Belo Horizonte, v. 72, sem, dez, 2006. Disponível em: <https://caeiufsj.files.wordpress.com/2014/10/ely-presenc3a7a-pedagc3b3gica.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2018.

MICHAELIS. *Dicionário on-line*. 2019. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues>. Acesso em: 12 mar. 2019.

MOITA, Filomena. *Game on: jogos eletrônicos na escola e na vida da geração @*. Campinas: Alínea, 2007.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOREIRA, M. A. *Teorias da Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. *Estud. av*, São Paulo, vol. 32, n. 94, set/dez, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>. Acesso em: 13 mar. 2019.

NETO, Osvaldo Negrini. Soluções Eletrônicas para cálculos de velocidade em Acidentes de Trânsito. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 24, n. 2, p.124-128, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000200007&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000200007&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 13 mar. 2019.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 3, sem, 1996. Disponível em: [http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa\\_Qualitativa.pdf](http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa_Qualitativa.pdf). Acesso em: 1 abr. 2018.

NEWTON. Princípios matemáticos da filosofia natural. Vol. 1. Trad. Trieste Ricci. São Paulo: EDUSP, 2002. In: NUSSENZVEIG, H. Moyses. *Curso de física básica: Mecânica*. Vol. 1. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

NUSSENZVEIG, H. Moyses. *Curso de física básica: Mecânica*. Vol. 1. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1993.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID 11): Nações Unidas Brasil, 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/oms-lanca-nova-classificacao-internacional-de-doencas/>. Acesso em: 15 ago. 2018.

PIETROCOLA, Maurício. Curiosidade e imaginação: os caminhos do conhecimento nas ciências, nas artes e no ensino. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Cengage Learning, 2009, p. 119-134.

PIMENTEL, A. Vygotsky: uma abordagem histórico-cultural da educação infantil. In: OLIVEIRA-FORMOSINHO, J.; KISHIMOTO, T. M.; PINAZZA, M. A. (Org.). *Pedagogia(s) da infância: dialogando com o passado, construindo o futuro*. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 219-248.

PINTO, L. T. *O uso dos jogos didáticos no Ensino de Ciências no Primeiro Segmento do Ensino Fundamental da rede Municipal Pública de Duque de Caxias*. 100 f. (Dissertação). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, Neópolis, Rio de Janeiro, 2009.

POZO, J. I. *Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

POZO, J. I. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

POZO, J. I.; ECHEVERRÍA, M. P. P. *Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata, 1998.

POZO, J. I.; ECHEVERRÍA, M. P. P. As concepções dos professores sobre a aprendizagem: rumo a uma nova cultura educacional. *Pátio* (Revista Pedagógica), n. 16, p. 19-23, sem, 2001. Disponível em: <https://www.oei.es/historico/n7644.htm>. Acesso em: 1 abr. 2018.

PRENSKY, M. The motivation of gameplay: the real twenty-first century learning revolution. *On the Horizon*, vol. 10, iss. 1, p. 5-11, sem, 2002. Disponível em: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/10748120210431349>. Acesso em: 1 abr. 2018.

PROCHNOW, Ana Lucia Cheloti; VIEIRA, Ana Nelcinda Garcia; MARCHESAN, Maria Tereza Nunes. O interacionismo social de Vigotski e o constructo de crenças sobre ensino e aprendizagem de línguas. *Revista Scripta*, Belo Horizonte, v. 19, n. 36, p. 229-240, 1º sem, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5821962.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2018.

RABELO, E. *Curso de criminalística*. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1996.

RAZZOUK, D. Dependência de Internet: uma nova categoria diagnóstica? *Psychiatry On-line Brazil*, sem, sem, 1998. Disponível em: <http://www.priory.com>. Acesso em: 1 abr. 2019.

REID, N.; YANG, M.-J. The solving of problems in Chemistry: the more open-ended problems. *Research in Science & Technological Education*, 20, p. 83-98, sem, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259275088\\_The\\_Solving\\_of\\_Problems\\_in\\_Chemistry\\_The\\_more\\_open-ended\\_problems](https://www.researchgate.net/publication/259275088_The_Solving_of_Problems_in_Chemistry_The_more_open-ended_problems). Acesso em: 1 abr. 2018.

RESENDE, Muriel L. M. Vygotsky: um olhar sociointeracionista do desenvolvimento da língua escrita. *Profala*, nov, 2019. Disponível em: <http://www.profala.com/artpsico108.htm>. Acesso em: 15 ago. 2019.

RIBEIRO, L. R CAMARGO. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/>. Acesso em: 3 abr. 2018.

SÁ, Eliane Ferreira de; PAULA, Helder de Figueiredo; LIMA, Maria Emilia Caixeta de Castro; AGUIAR, Orlando Gomes de. *As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências*. Belo Horizonte, 2007.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Regras do jogo: fundamentos do design de jogos: principais conceitos*. São Paulo: Blucher, 2012.

SILVA, E. Lúcia; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

TOCHETTO, Domingos. *Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos*. Campinas, São Paulo: Millenium, 2013.

TORI, Romero. *Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem*. São Paulo: Senac de São Paulo, 2010.

VELHO, Antônio Velho; COSTA, Karina Alves; DAMASCENO, Clayton Tadeu Mota Damasceno. *Locais de crime: dos vestígios à dinâmica criminosa*. Campinas, São Paulo: Millennium, 2013.

VIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

YIN, Robert K. *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Trad. Daniel Bueno. Porto Alegre: Penso, 2016.

**APÊNDICES**  
**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS**  
**Questionário I**

 <b>INSTITUTO FEDERAL</b> Maranhão	<b>INSTITUTO FEDERAL</b>	
	<i>Aluno:</i> XX	
	<i>Data:</i> ____/____/____	<input style="width: 100%;" type="text"/>
	<i>Professor:</i> <b>JANIEL GUEDES</b>	<i>Disciplina:</i> <b>FÍSICA III</b>

**QUESTIONÁRIO I SOBRE O JOGO TRILHA DO CRIME**

1. Você gostou do jogo TRILHA DO CRIME? Em caso positivo, diga o que você mais gostou e o que menos gostou no jogo.
2. Você achou o jogo divertido?
3. No jogo existem palavras (termos) que você não entendeu? Em caso positivo, cite alguns.
4. O que poderia ser acrescentado ou modificado no jogo?
5. Você gostaria de usar o jogo Trilha do Crime em outras aulas?
6. Você precisou da ajuda dos colegas para resolver o(s) caso(s)?
7. De 1 a 10 que nota você daria para o jogo?

## Questionário II

 <p><b>INSTITUTO FEDERAL</b> Maranhão</p>	<b>INSTITUTO FEDERAL</b>	
	Aluno:XX	
	Data: ___/___/___	
	Professor: <b>JANIEL GUEDES</b>	Disciplina: <b>FÍSICA III</b>

## QUESTIONÁRIO II SOBRE O JOGO TRILHA DO CRIME

1. Você já assistiu algum seriado de TV sobre investigação criminal? Em caso afirmativo, o que mais lhe chamou atenção na investigação?
2. Em toda sua vida escolar, você já teve oportunidade de jogar um jogo de tabuleiro investigativo? Em caso afirmativo, qual o nome do jogo?
3. A linguagem criada pelo autor para descrever cada caso dificultou sua evolução no jogo?
4. Você conseguiu resolver os casos? Completou o jogo?
5. Você concorda com as regras do jogo?
6. Modificaria alguma regra?
7. O tempo de aplicação de duas aulas consecutivas foi suficiente para concluir cada caso?
8. O jogo contribuiu para aquisição de conhecimentos em outras áreas?
9. Você gostou do *design* do jogo?
10. Qual dos casos lhe chamou mais atenção quanto ao design?
11. Foi necessário solucionar questões sobre Física para elucidar os casos apresentados no jogo?
12. O jogo “Trilha do Crime” despertou seu interesse pela Física Forense e pelos conteúdos de mecânica estudados na primeira série do Ensino Médio? 1. Em sua opinião, o que poderia ser melhorado ou acrescentado no jogo?

**APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL**

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

**JANIEL SÉRGIO DE SOUSA GUEDES**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**A FÍSICA FORENSE E O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO EDUCACIONAL  
“TRILHA DO CRIME” COMO RECURSO DIDÁTICO**

**TERESINA  
2019**

**JANIEL SÉRGIO DE SOUSA GUEDES**

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

**A FÍSICA FORENSE E O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM DE  
MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO O JOGO EDUCACIONAL  
“TRILHA DO CRIME” COMO RECURSO DIDÁTICO**

Produto Educacional submetido ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Piauí (UFPI) do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) - Polo 26, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

**TERESINA  
2019**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>115</b>
<b>1.1</b>	<b>A Física Forense.....</b>	<b>115</b>
<b>1.2</b>	<b>Jogo Educacional Trilha do Crime .....</b>	<b>115</b>
<b>1.3</b>	<b>Mecânicas e regras.....</b>	<b>116</b>
<b>1.4</b>	<b>Tabuleiro .....</b>	<b>119</b>
<b>1.5</b>	<b>Logomarca do jogo .....</b>	<b>120</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>121</b>
<b>2.1</b>	<b>Natureza da pesquisa.....</b>	<b>121</b>
<b>2.2</b>	<b>Relação do Jogo com os conteúdos ministrados pelo professor .....</b>	<b>121</b>
<b>2.3</b>	<b>Aplicação do jogo .....</b>	<b>123</b>
<b>3</b>	<b>CASOS .....</b>	<b>124</b>
<b>3.1</b>	<b>1º CASO: Morte Violenta no edifício Dubai .....</b>	<b>124</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Cartão do caso .....</b>	<b>124</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Cartas de pistas .....</b>	<b>125</b>
<b>3.2</b>	<b>2º CASO: A morte do Deputado Federal .....</b>	<b>130</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Cartão do caso .....</b>	<b>130</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Cartas de pistas .....</b>	<b>131</b>
<b>3.3</b>	<b>3º CASO: Morte Violenta em Acidente de Tráfego .....</b>	<b>137</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Cartão do caso .....</b>	<b>137</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Cartas de pistas .....</b>	<b>138</b>
<b>4</b>	<b>CARTA DE SORTE E AZAR .....</b>	<b>144</b>
<b>5</b>	<b>CADERNO DE SOLUÇÕES .....</b>	<b>148</b>
<b>5.1</b>	<b>Solução do 1º caso .....</b>	<b>148</b>
<b>5.2</b>	<b>Solução do 2º caso .....</b>	<b>149</b>
<b>5.3</b>	<b>Solução do 3º caso .....</b>	<b>150</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>151</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>153</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 A Física Forense**

No ambiente escolar, nem sempre é possível encontrar uma temática que estabeleça ligações entre a vida cotidiana e os conceitos a serem ministrados. A contextualização dos problemas e a interdisciplinaridade dos assuntos são almejadas, mas de abordagem dificultosa e raramente aplicada, talvez por falta de uma base escolar consolidada nas séries finais do ensino fundamental ou até mesmo por falta de aplicação de metodologias facilitadoras do processo ensino e aprendizagem da Física. O ensino com utilização de atividades investigativas pode ser uma ferramenta valiosa, considerando ser esta uma metodologia que na maioria das vezes dinamiza a aula, prendendo a atenção do discente.

As séries televisivas que tratam de investigação criminal, e que muitas vezes mostram que o conhecimento físico é utilizado para desvendar um crime, ganharam adeptos nos últimos anos, de forma a causar na sociedade o interesse pela investigação e porque não dizer pela física, tornando-se sem dúvida uma grande ferramenta para o ensino. Segundo o professor e perito criminal Osvaldo Negrini Neto:

Física Forense é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos naturais de interesse do judiciário. Dentre estes se destacam os relativos aos acidentes de trânsito. Tais fenômenos podem ser vistos como parte da dinâmica dos corpos rígidos, sob certas condições, e assim tem sido tratado por especialistas da área (NETO, 2014, p. 124).

É tarefa de um físico forense, também: a determinação de trajetória de projéteis e distância em que foi efetuado um disparo com arma de fogo, estimar o tempo de morte de uma vítima baseado em sua temperatura corporal, bem como a materialização das posições da vítima através da análise de manchas de sangue em locais de crime.

O estudo da Física Forense, tendo como base o currículo do Ensino Médio, aplicado aos casos periciais vivenciados pelo discente em seu cotidiano, visa integrar de forma definitiva esse educando ao mundo físico e natural, despertando seu interesse pela ciência, abordando como elemento de integração a perícia criminal.

### **1.2 Jogo Educacional Trilha do Crime**

O processo ensino aprendizagem, por meio de jogos, vem se tornando prática comum e cada vez mais consolidada no âmbito escolar. Dentre os diversos tipos de jogos existentes, o

jogo de tabuleiro foi objeto de desenvolvimento e aplicação do presente trabalho, tendo em vista sua facilidade e praticidade, uma vez que pode ser jogado a qualquer hora e lugar, diferentemente de jogos eletrônicos que muitas vezes dependem de computadores e não podem ser jogados em qualquer ambiente.

Nesse trabalho optamos pelo jogo educacional de tabuleiro, ao qual denominamos “Trilha do Crime”, como recurso didático fundamental para a redução das deficiências já observadas no ensino e aprendizagem de Física nas escolas brasileiras. Este material de apoio ao professor visa a consolidação dos vínculos entre os conteúdos de Física ministrados na educação básica e o processo de ensino baseado na resolução de problemas, usando como temática a investigação forense.

### **1.3 Mecânicas e Regras**

O formato do tabuleiro foi planejado de forma que possibilite a opção de deslocamento único ao aluno após cada questão respondida e cada pista alcançada. Essa dinâmica permite com que cada partida seja única em relação à sequência de perguntas/pistas. O jogo apresenta-se da seguinte forma: o jogador (aluno) movimenta-se numa trilha em sentido anti-horário a partir do ponto assinalado como “Núcleo de Física Forense” até chegar ao local onde há a figura de uma vítima de um crime. Nesse percurso, o investigador terá contato com os vestígios por meio das cartas apresentadas com o objetivo de formar sua convicção sobre a dinâmica do crime após analisar as evidências.

A mecânica de um jogo pode ser definida como o conjunto de regras ou métodos desenvolvidos para viabilizar a comunicação do aluno com o jogo e em regra, é o fator responsável por criar no jogo um ambiente de motivação, diversão e entreterimento, tornando o lúdico mais efetivo. De outro modo, a jogabilidade é a mecânica principal de um jogo, ou seja, é a mecânica que será processada em todos os casos, não sendo passível de modificações, ante o risco de mudanças no propósito do jogo.

Todas as mecânicas foram aperfeiçoadas no decorrer das aplicações de cada caso e moldadas conforme as manifestações dos alunos durante as partidas. Após essa etapa, o jogo sofreu algumas alterações até chegar ao protótipo final.

O jogo tem início com as equipes jogando os dados para que se possam determinar aqueles que darão o passo inicial no tabuleiro a partir da instituição de pesquisa denominada de “Núcleo de Física Forense”. Dessa forma, a soma dos números obtidos nos dois dados corresponderá à quantidade de casas que aquela equipe ou aquele jogador se moverá pelo

tabuleiro. A equipe que obtiver no lançamento do dado um número superior ao número de casas que deveria percorrer no tabuleiro, poderá optar por parar na casa de sua conveniência e coletar a carta de pista ou carta de sorte ou azar conforme seu interesse, tendo em vista que não seria vantajoso deixar pistas para trás.

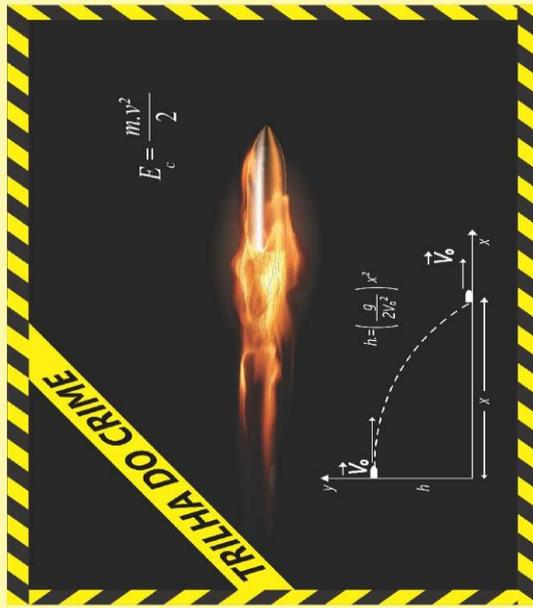
As cartas de sorte e azar podem dar bônus ao jogador ou provocar-lhe perdas e atrasos no jogo. A depender da sorte, o jogador pode avançar do perímetro de segurança para o perímetro de processamento ou o processo contrário. Caso o jogador esteja no perímetro de processamento e tenha que retornar ao perímetro de segurança, deverá (de acordo com sua escolha) ir para aquela pista que achar conveniente. Entretanto, o mesmo precisará retomar sua saga a partir daquele ponto e percorrer novamente todas as casas. Caso o jogador esteja no perímetro de segurança e receba o bônus de ir para o perímetro de processamento, deverá repousar seu peão na primeira pista constante dentro desse perímetro e a partir desse ponto prosseguir no jogo.

Vencerá o jogo a equipe que chegar primeiro à casa da última pista demarcada no tabuleiro como local de encontro do corpo da vítima. Além disso, a equipe deverá apresentar a solução do caso. Portanto, o êxito na resolução de cada caso está condicionado à rapidez na verificação das pistas e na conclusão da análise das provas apresentadas em cada caso. O professor é o mediador e responsável pela análise das respostas de cada equipe, a fim de determinar o grupo vencedor do caso.

Na figura a seguir, temos o cartão referente às regras do jogo, lido por um dos integrantes de determinada equipe antes do início da partida.

FRENTE

## REGRAS DO JOGO



VERSO

### Regras do Jogo

O jogo se inicia com as equipes jogando os dados para que se possam determinar aqueles que darão o passo inicial no tabuleiro a partir da instituição de pesquisa denominada de Núcleo de Física Forense. Inicia o jogo a equipe que obtiver a maior pontuação no lançamento dos dados. Dessa forma a soma dos números obtidos nos dois dados corresponderá também à quantidade de casas que aquela equipe ou aquele jogador se moverá pelo tabuleiro. A equipe que obtiver no lançamento do dado um número superior ao número de casas que deveria percorrer no tabuleiro, poderá optar por parar na casa de sua conveniência, e coletar a carta de pista ou carta de sorte ou azar conforme seu interesse e estratégia de jogo.

As cartas de sorte e azar podem dar bônus ao jogador ou lhe provocar perdas e atrasos no jogo. A depender da sorte, o jogador pode avançar do perímetro de segurança para o perímetro de processamento ou o processo contrário. Caso o jogador esteja no perímetro de processamento e tenha que retornar ao perímetro de segurança, deverá à sua escolha ir para aquela pista que achar conveniente. Após verificar a carta de seu interesse, deverá retornar sua saga a partir da primeira carta de pista situada no perímetro de processamento. Caso o jogador esteja no perímetro de segurança e receba o bônus de ir para o perímetro de processamento, deverá repousar seu peão na primeira pista constante dentro desse perímetro e a partir desse ponto prosseguir no jogo. O jogador poderá recusar esse bônus e continuar no perímetro de segurança até verificar todas as pistas de seu interesse.

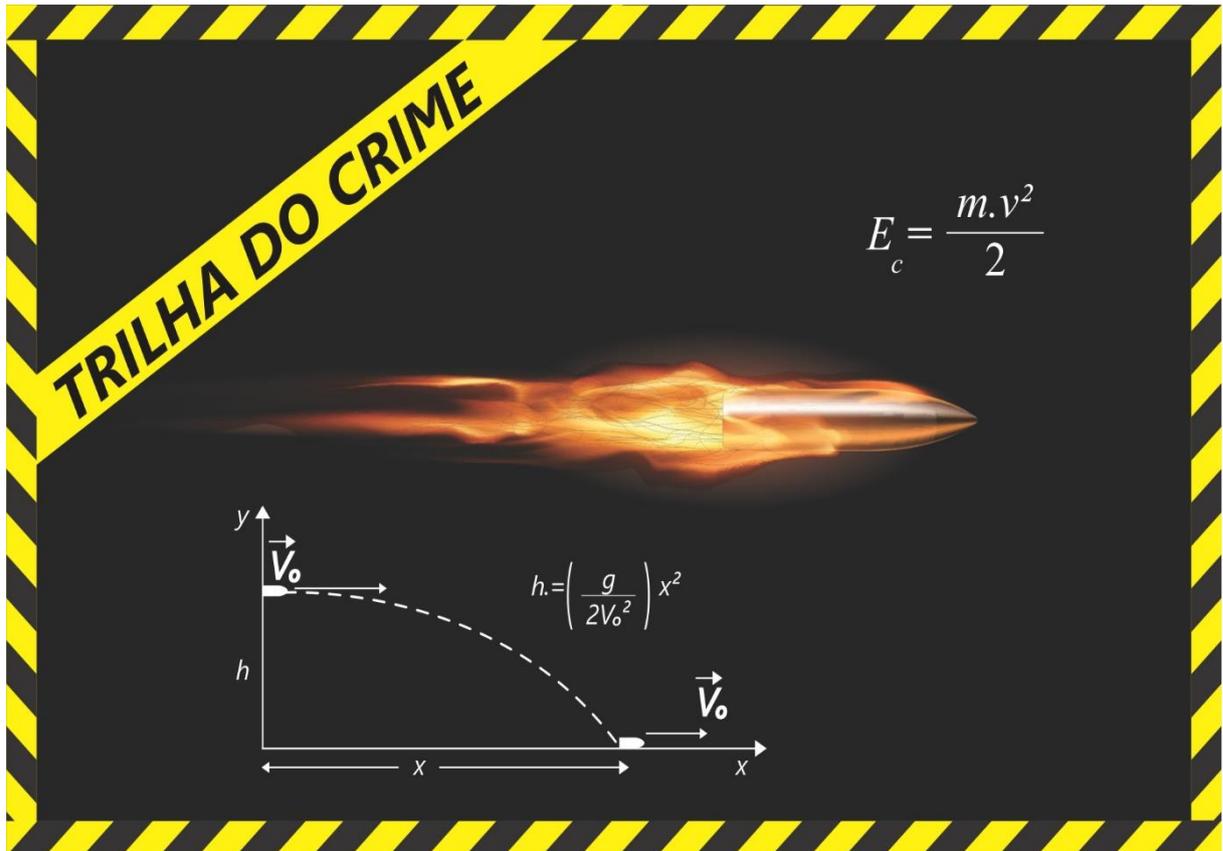
Vencerá o jogo a equipe que chegar primeiro à casa de última pista, demarcada no tabuleiro como local de encontro do corpo da vítima. Além disso, a equipe deverá apresentar a solução do caso. Portanto, o êxito na resolução de cada caso está condicionada à rapidez na verificação das pistas e conclusão da análise das provas apresentadas em cada caso. O professor é o mediador e responsável pela análise das respostas de cada equipe, a fim de determinar a equipe vencedora do caso.

Carta: 20x15cm



### 1.5 Logomarca do jogo

A logomarca foi pensada de forma a inibir o lúdico de imediato ao discente, ou seja, no primeiro contato com o jogo. As imagens e equações fazem parte de casos trabalhados pelo jogo educacional proposto.



## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Natureza da pesquisa**

Partindo do pressuposto de que pesquisas realizadas com a temática da gamificação se apresentam de forma qualitativa e quantitativa, tendo em vista que em sua essência sempre combinam estudo de casos e aplicações experimentais (ou seja, o desenvolvimento desses produtos educacionais quase sempre culminará para dados quantitativos), nos concentramos na temática qualitativa, considerando-se que o jogo educacional apresentado proporciona a coleta de dados narrativos, particularidades e experiências individuais dos alunos, bem como as atitudes, comportamentos e percepções dos estudantes em relação à disciplina. Então, é inevitável questionar os motivos que os levam ao desinteresse pela Física.

Nesse sentido, podemos considerar que os estudos qualitativos se norteiam pelo estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural (nesse caso, a sala de aula, no momento da aplicação do produto educacional), valorizando o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada. O pesquisador preocupa-se com o processo e não apenas com os resultados, verificando como as atividades se desenvolvem e de que maneira a interação dos envolvidos no processo se manifesta.

### **2.2 Relação do Jogo com os conteúdos ministrados pelo professor**

O desenvolvimento do jogo investigativo foi executado após a abordagem dos conteúdos, promovendo no educando a capacidade de relacionar esses conteúdos aos casos periciais dando dinamismo e eficácia ao jogo. Ao iniciar uma investigação, tanto do ponto de vista científico quanto da própria análise do crime a ser elucidado, o aluno faz a associação entre os conteúdos previamente trabalhados em sala de aula com os casos apresentados no decorrer do jogo.

“Trilha do Crime” é um jogo de tabuleiro investigativo, no qual os casos propostos abordam questões que envolvem a Mecânica no âmbito da Física Forense. O jogo permite que os alunos entendam de forma lúdica cada passo para a elucidação de um crime, analisando os casos apresentados em cada fase da atividade. O jogo baseia-se na interpretação de pistas que podem conter: esquemas, figuras, experiências, problemas matemáticos, além de informações atuais para que possam chegar à determinadas conclusões. Os jogadores atuam como

investigadores, fazendo anotações e discutindo os casos, para que ao final do jogo possam entrar num consenso quanto à elucidação de um crime.

O jogo educacional “Trilha do Crime” apresenta oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio, interpretação, síntese e associação de idéias, além de possibilitar a interpretação de figuras e gráficos típicos da linguagem científica. Esse jogo possibilita aos alunos a construção do conhecimento de temas atuais relacionados à Física de forma lúdica. Para aplicação do produto educacional, tomamos como base uma sequência de conteúdos trabalhados na primeira (1ª) série do Ensino Médio. O quadro a seguir apresenta em detalhes o estudo de cada caso do jogo educacional “Trilha do Crime”.

**Quadro 1.** Conteúdos dos 3 casos do jogo

<b>CASO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>PROBLEMA PROPOSTO</b>	<b>TEMAS ABORDADOS</b>	<b>SUGESTÕES DE QUANDO JOGAR</b>
<b>Morte Violenta no edifício Dubai</b>	Entender a dinâmica da morte violenta se apropriando de conceitos de lançamento horizontal, vertical e queda livre.	Descubra, a partir das pistas encontradas no jogo, como se deu a morte violenta da garota encontrada sem vida na base do edifício.	Cinemática	Ao término das abordagens sobre queda livre e lançamento horizontal.
<b>Morte Violenta do Deputado Federal e sua namorada</b>	Aplicar os conhecimentos das Leis de Newton e suas aplicações.	Você deverá descobrir as características do criminoso, de acordo com as evidências apresentadas por meio das pistas.	Cinemática Dinâmica	Ao término das abordagens sobre as Leis de Newton e Energia.
<b>Morte Violenta em Acidente de Trânsito</b>	Se apropriar dos conhecimentos sobre Cinemática e Dinâmica para explicar e elucidar a ocorrência proposta.	Você deverá descobrir como se deu a ocorrência de trânsito com base nos dados fornecidos em cada carta de pista.	Cinemática Dinâmica	Ao término das abordagens sobre As Leis de Newton, Quantidade de movimento e Energia Mecânica.

Fonte: Produção do próprio autor, 2019.

### **2.3 Aplicação do jogo**

O jogo foi aplicado em uma turma de primeira (1<sup>a</sup>) série do Ensino Médio, constante na oferta de cursos técnicos da instituição. Na ocasião, dispusemos de um grupo de 30 discentes que foram divididos em grupos de 3 ou 4, totalizando 9 grupos. Utilizamos três mesas para aplicação do jogo, ou seja, em cada mesa foi disposto um tabuleiro. Assim, em cada mesa tivemos três grupos jogando o jogo de forma competitiva. Após ser dado início à partida, vence aquela que obtiver primeiro a solução do caso.

O objetivo principal de aplicarmos o jogo para essa clientela se deve ao fato desses alunos já terem estudado os conteúdos de Física presentes nos casos propostos pelo jogo educacional. O professor, considerado mediador durante a aplicação, irá recolher as cartas após o término do tempo limite de aplicação do jogo. Após isso, as equipes deverão registrar sua resposta detalhada para a resolução do caso e o professor anunciará a equipe que obteve a elucidação completa do problema proposto.

### 3 CASOS

Nas figuras a seguir, apresentamos as cartas e/ou cartões usados em cada caso presente no jogo educacional proposto neste trabalho.

#### 3.1 1º CASO: Morte Violenta no edifício Dubai

##### 3.1.1 Cartão do caso

**FRENTE**

**CASO**



**MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI**

**VERSO**

Carta: 20x15cm

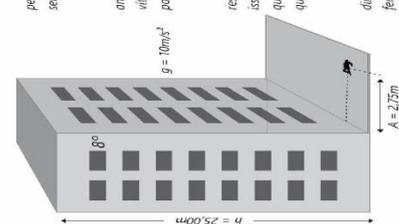
**MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI**

Morte violenta é aquela que resulta de ato praticado por outra pessoa (homicídio), ou por si mesma (suicídio), ou em razão de acidentes, sempre existindo responsabilidade penal a ser apurada.

No dia 07 de Abril de 1998, uma garota de aproximadamente 18 anos de idade, foi encontrada sem vida, no jardim do edifício Dubai, vítima de morte violenta ocasionada supostamente pela projeção a partir do parapeito de seu apartamento situado no 8º andar do prédio.

Diante das lesões apresentadas no corpo da vítima, a responsabilidade penal deverá ser apurada pelos peritos criminais. Para isso, será analisado o trajetória descrita pelo corpo na queda, o tempo de queda e a velocidade ao tocar o solo, bem como vestígios e evidências que possam levar à elucidação do caso.

Os peritos criminais deverão descrever de forma detalhada a dinâmica da morte violenta, determinando se ocorreu homicídio, feminicídio, suicídio ou acidente.



## 3.1.2 Cartas de pistas

FRENTE



VERSO

No lançamento horizontal, temos a composição de dois movimentos simultâneos e independentes:

➤ **Queda livre** > Movimento vertical, sob ação exclusiva da gravidade. É um movimento uniformemente variado. Valem as funções:

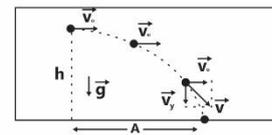
$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

➤ **Movimento Horizontal** > É um movimento uniforme, pois não existe nenhuma aceleração na direção horizontal. O corpo realiza por inércia, mantendo a velocidade  $v_0$  com que foi lançado. Vale a função.

$$s = s_0 + v_0 \cdot t$$



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

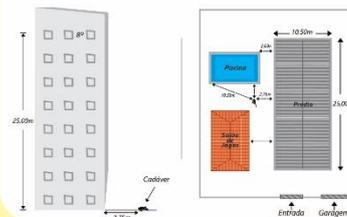


VERSO

Quando um corpo é lançado horizontalmente nas proximidades da superfície terrestre, ele descreve em relação à terra, uma trajetória parabólica, considerando desprezíveis os efeitos de resistência do ar. Esse movimento é o resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: queda livre e movimento horizontal.

Com os dados mostrados no croqui esquemático podemos determinar o tempo de queda do corpo da garota e sua velocidade ao tocar o solo.

É possível ainda, calcular a velocidade horizontal do corpo ao "abandonar" a janela de seu quarto no 8º andar do edifício.



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

O perito constatou que a vítima apresentava lesões de natureza graves tais como:

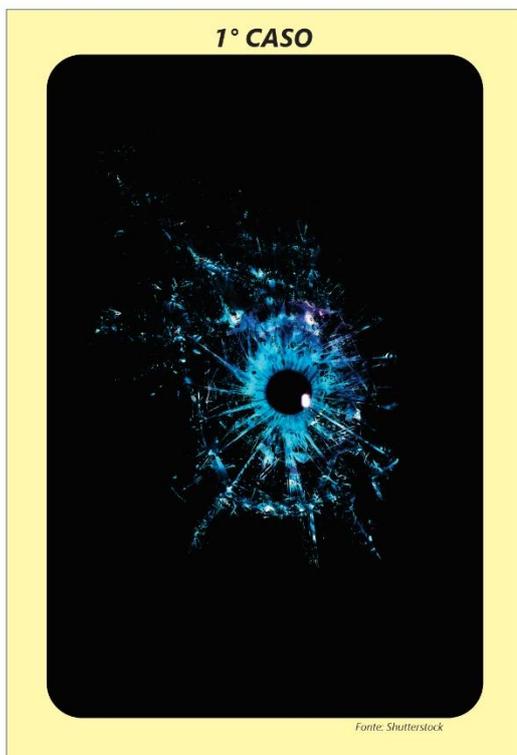
- Fraturas múltiplas
- Roturas das vísceras
- grande hemorragia
- Pouco dano à pele

Assim, faz-se necessário conhecer, parâmetros relativos à projeção como:

- Velocidade horizontal, que está diretamente relacionada ao impulso que causou o deslocamento horizontal do corpo.
- Tempo de queda.
- Trajetória de queda.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

As lesões por precipitação se caracterizam por apresentar pele intacta ou pouco afetada, roturas internas e graves das vísceras maciças e fraturas ósseas de características variáveis.

Projeções de indivíduos que toquem o solo com velocidades superiores a 54 Km/h provocarão sem dúvida, lesões com essas características no impacto contra o solo de pavimento rígido.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

*O namorado da garota afirmou em depoimento que o prédio onde moravam fora assaltado e ela teria sido jogada por um dos bandidos. Essa versão, foi confirmada por um dos vigias do prédio vizinho.*

*O delegado afirmou não ter encontrado indícios de roubo ou furto nos apartamentos situados no 8° andar. O namorado da garota passou a ser o principal suspeito.*

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

*A tabela a seguir mostra a velocidade média em função da idade, de pedestres caminhando normalmente.*

*Pelo parâmetro da velocidade horizontal é possível determinar se houve condição de impulso por parte da vítima ou se o caso é compatível numa situação de homicídio onde a vítima é projetada em condição de resistência ao movimento.*

**Análise das velocidades adquiridas pelo corpo durante a queda**

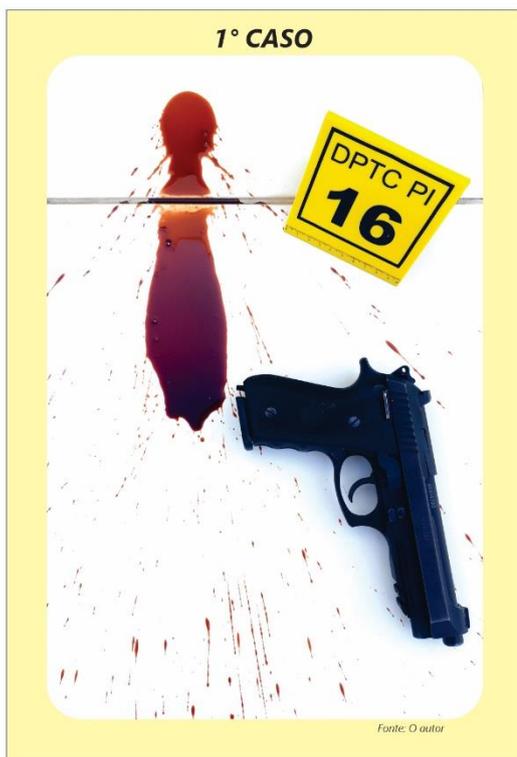
VELOCIDADE MÉDIA DE PEDESTRES CAMINHANDO - m/s		
IDADE	MASCULINO	FEMININO
13 - 16	1,70	1,70
15 - 19	1,72	1,71
<b>20+</b>	1,73	1,72
30+	1,73	1,70
40+	1,74	1,71
50+	1,69	1,69
60+	1,57	1,55
70+	1,52	1,52

*Velocidade de pedestres - caminhando normalmente para uma travessia de 6,09m. 20+ (significa 20 e acima)*

Fonte: Dados do Institute of Police Technology and Management - University of North Florida - Vehicle-Pedestrian Collision Investigation Manual - Tony L. Becker.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

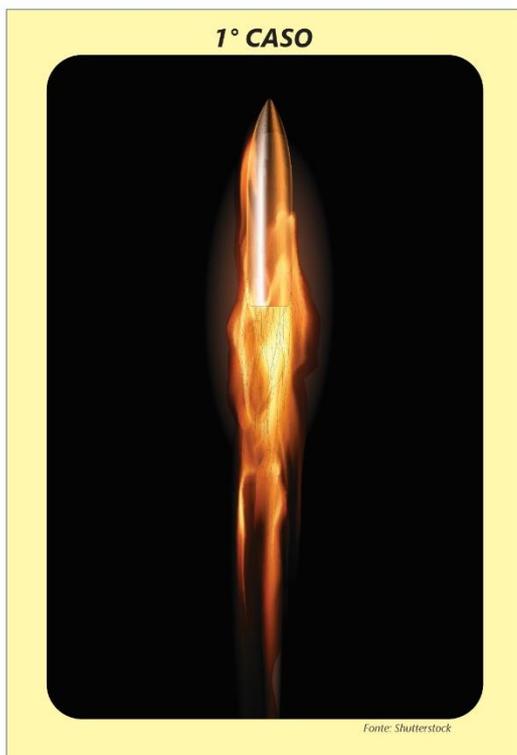
A tabela a seguir mostra a relação entre as lesões apresentadas por um corpo ao sofrer precipitação e a velocidade atingida na colisão contra o solo suposto rígido.

Velocidade Final (m/s)	Lesões
10 - 15	Fraturas em membros inferiores, superiores ou cabeça e presença de hematomas. risco de morte baixo.
16 - 20	Fraturas múltiplas e pouco dano à pele, fratura no crânio. Risco de morte elevado.
Acima de 20	Fraturas múltiplas, roturas das vísceras. E grande hemorragia interna. Pouco dano à pele. Morte imediata

Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

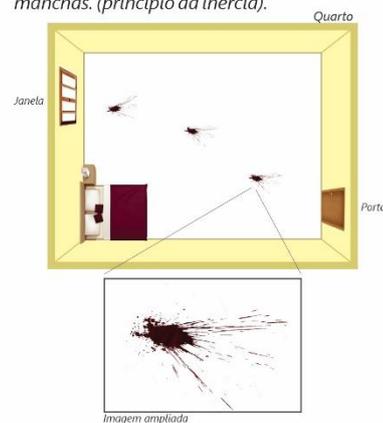
FRENTE



VERSO

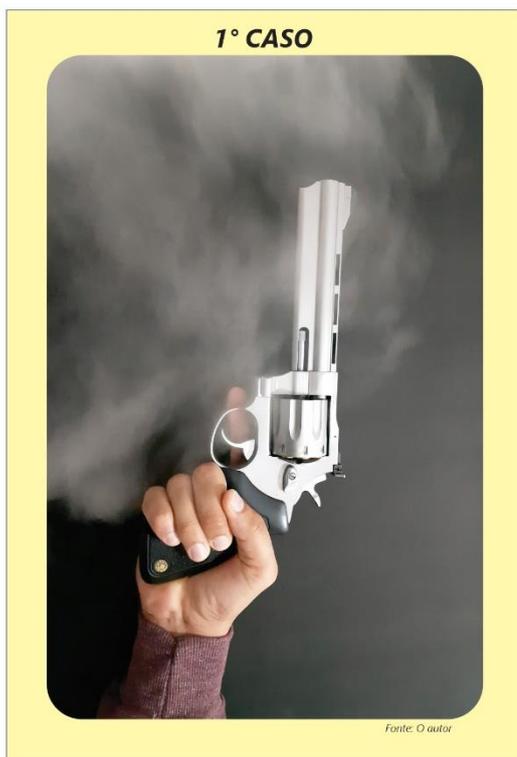
Os peritos descartaram a hipótese de acidente. Manchas de sangue em forma de trilha foram encontradas no quarto, o que reforça a tese de homicídio.

Na imagem a seguir é possível determinar o sentido de movimento da fonte de sangue (vítima) através da ampliação de uma das manchas. (princípio da inércia).



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

No decorrer das investigações, o Delegado constatou que o edifício foi assaltado e que os criminosos tiveram acesso aos apartamentos do 2º, 3º, 5º e 8º andares.

O namorado da vítima afirmou em depoimento, que na noite do fato a deixou em seu apartamento situado no 8º andar.

Com as lesões apresentadas pela vítima é possível determinar o andar do edifício no qual ocorreu a projeção.

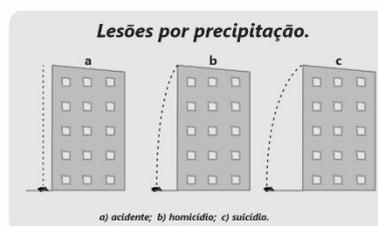
Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

As figuras a seguir mostram a trajetória descrita por um corpo ao sofrer precipitação em casos de acidente, homicídio e suicídio, respectivamente.



Carta: 8,5x12,5cm

### 3.2 2º CASO: A Morte do Deputado Federal

#### 3.2.1 Cartão do caso

**CASO**

TRIHA DO CRIME

**A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL**

**FRENTE**

**A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL**

No dia 07 de Dezembro de 2001 às 23h55min, os peritos criminais do Núcleo de Física Forense foram informados de uma ocorrência de crime em que um deputado federal e sua namorada teriam sido encontrados sem vida, no quarto da residência onde moravam.

Segundo o delegado de polícia, ambos eram investigados por suspeitas de corrupção ativa, lavagem de dinheiro e organização criminosa.

Os peritos constataram que o deputado foi atingido com um tiro na cabeça e sua namorada com dois tiros, um na cabeça e outro no peito. A posição dos corpos está representada no croqui esquemático a seguir.

**VERSO**

Fonte: O autor

Para o delegado, existem três hipóteses para solucionar o caso:

- Homicídio seguido de suicídio: O deputado foi morto por sua namorada que em seguida se suicidou.
- Duplo homicídio: Os seguranças da residência mataram o casal e forjaram o homicídio seguido de suicídio.
- Duplo homicídio: Um atirador de elite posicionado a longa distância efetuou os disparos que atingiram o casal. Os peritos devem determinar a dinâmica da ação criminosa para elucidação do crime.

Carta: 20x15cm

## 3.2.2 Cartas de pistas

FRENTE



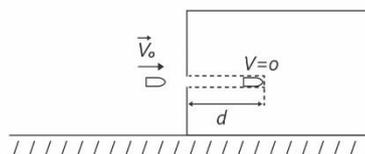
Fonte: O autor

VERSO

Examinando o local do crime, o perito encontrou um projétil de arma de fogo de 10g de massa alojado na parede interna do quarto.

O mesmo adentrou pela janela o atingiu a parede numa direção levemente perpendicular percorrendo 10cm até parar, após ter sofrido uma força de resistência da ordem de 8.000 N.

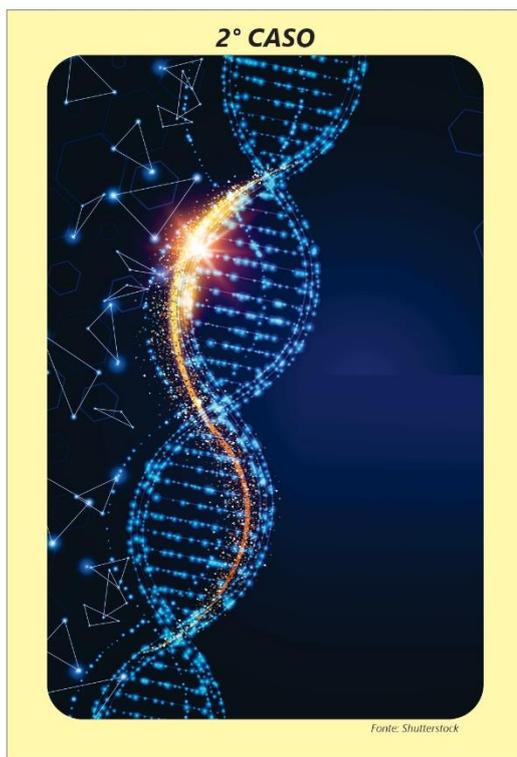
Com isso, é possível determinar a velocidade com que o projétil atingiu a parede.



Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

*Dando continuidade aos exames no interior do quarto, os peritos encontraram vestígios importantes que podem levar à descrição da dinâmica do crime.*

➤ *Material genético de um dos seguranças foi encontrado no revólver calibre 32.*

➤ *As vítimas apresentavam grãos de pólvora incrustados no rosto, próximo ao local atingido pelos disparos.*

➤ *Os exames balísticos comprovaram que o projétil retirado da cabeça do deputado partiu do revólver .32.*

Carta: 8,5x12,5cm

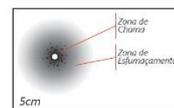
FRENTE



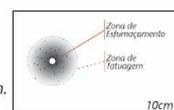
VERSO

*Os efeitos secundários produzidos após disparos de arma de fogo apresentam necessariamente um zoneamento característico no local atingido. São as zonas de chama, esfumaçamento e tatuagem. Com isso, é possível estimar a distância a que foi efetuado um disparo.*

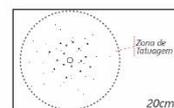
➤ **Chama**  
- Gases em combustão  
- Alta temperatura  
- Tecidos queimados



➤ **Esfumaçamento**  
- Resíduos de combustão de pólvora sob a forma de pequenas partículas e fuligem.

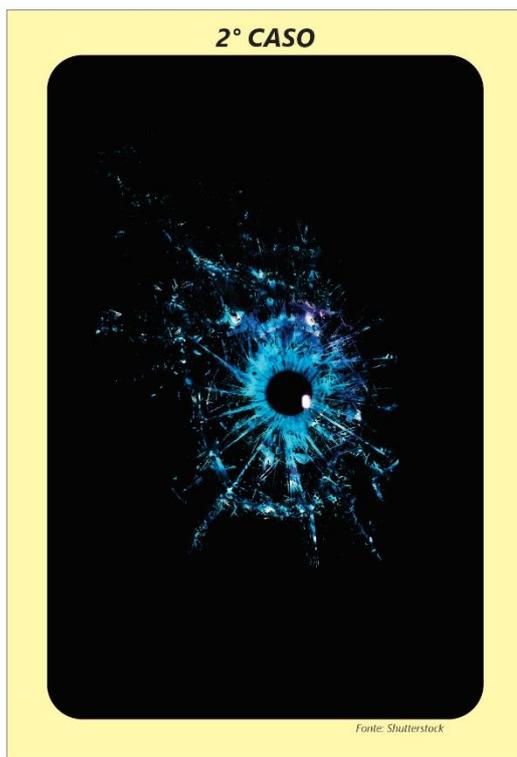


➤ **Tatuagem**  
- Incrustação de grãos de pólvora no local.



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

O poder de parada é a capacidade que um único disparo de arma de fogo possui para cessar os movimentos de um possível agressor, sem que ele seja morto.

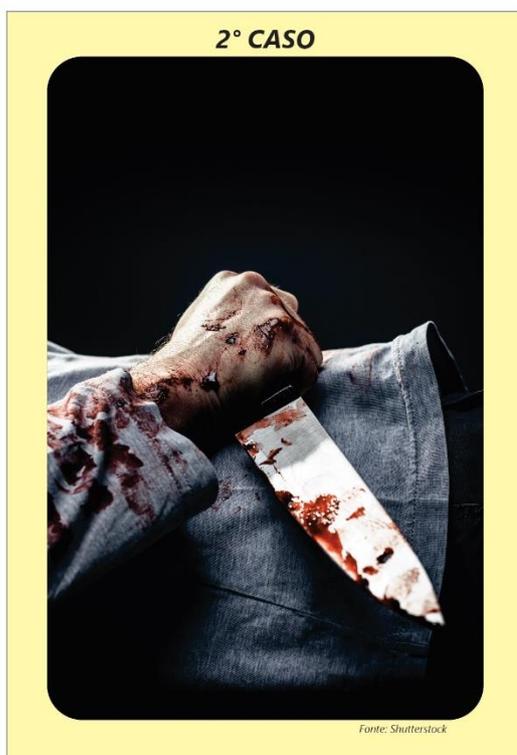
A tabela a seguir apresenta dados balísticos de diferentes calibres de arma de fogo em disparos a distâncias aproximadas de 4,5m, sem considerar o tipo de munição ou marca.

Calibre	Projétil (g)	Velocidade (m/s)	Poder de Parada (%)
.32	5	250	63%
.380	6	300	51%
.38	10	240	69%
.357	10	400	96%
.40	10	350	80%
.45	12	350	63%

Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

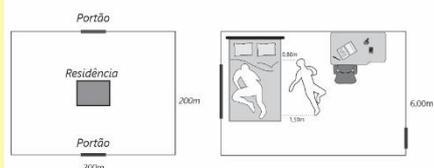
FRENTE



VERSO

Examinando o interior da residência, os peritos constataram que:

- Os seguranças do deputado portavam pistolas .380 e revólveres .38 e .357 no dia do fato.
- Próximo ao braço direito da garota havia um revólver calibre .32
- A residência fica situada no centro de um terreno de dimensões 200m x 200m.
- Ao todo, o deputado tinha quatro seguranças. Dois deles faziam a guarda do portão da frente e outros dois faziam a guarda do portão dos fundos.



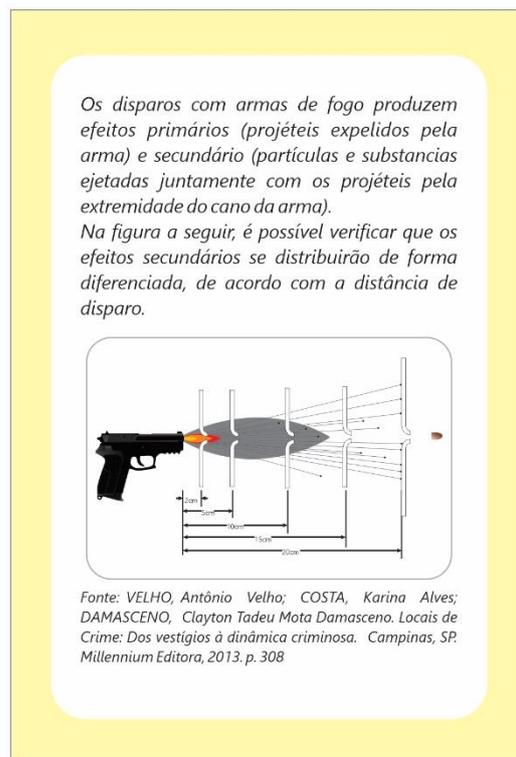
Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

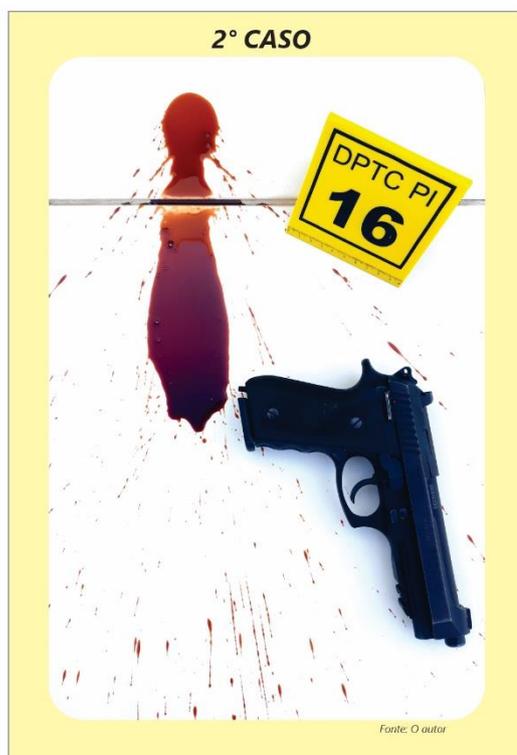


VERSO

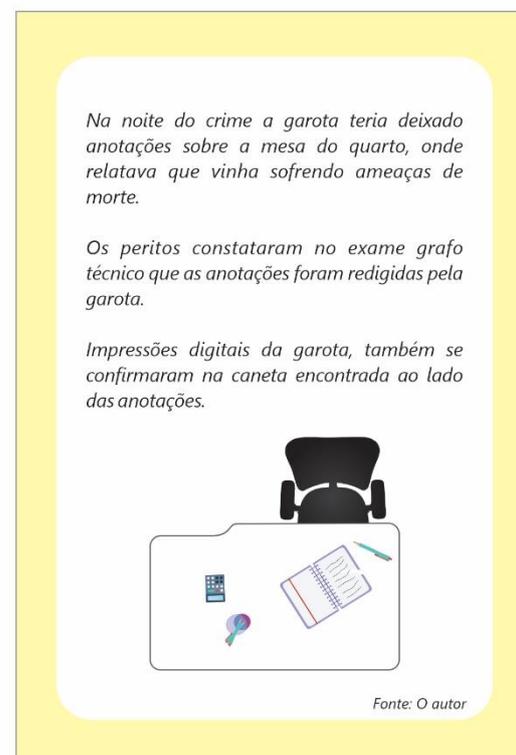


Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

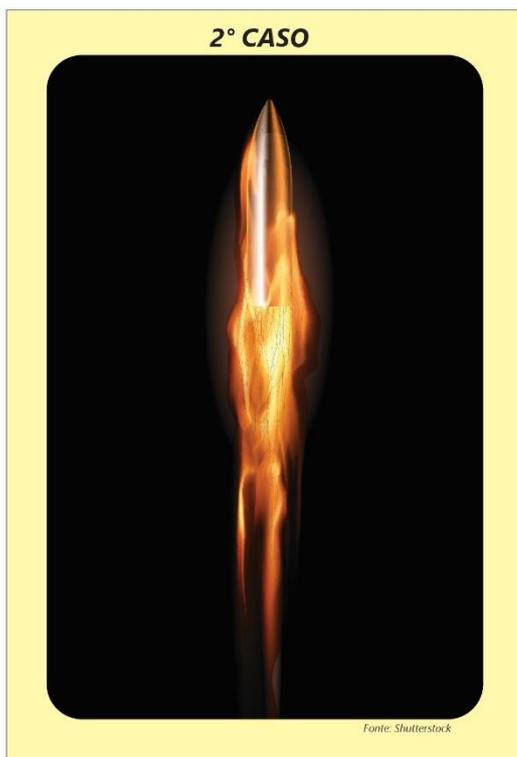


VERSO



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



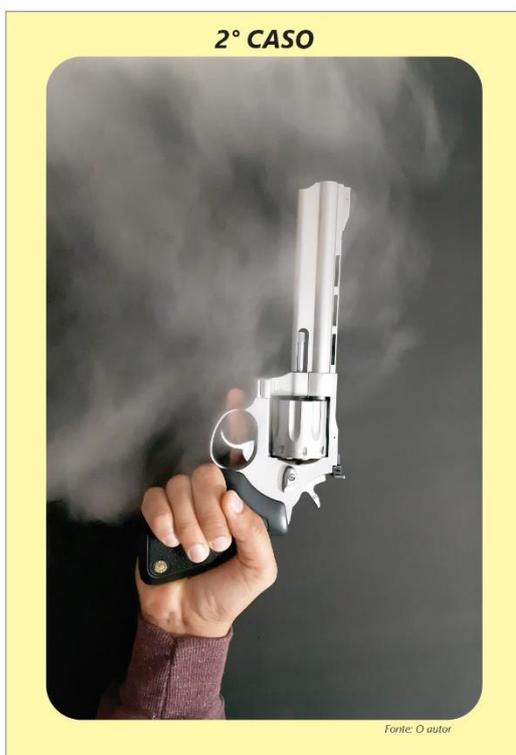
VERSO

*Projéteis com energia superior a 700 J possuem elevado poder de incapacitar a vítima imediatamente após o primeiro disparo.*

*Na hipótese de suicídio de uma das vítimas não seria possível mais de um disparo com energias dessa ordem, pois já existiria a condição inércia dos movimentos após o disparo.*

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

*Na continuidade dos exames os peritos discutiram sobre a possibilidade dos disparos terem sido efetuados por um atirador de elite. Para isso, ele deveria estar posicionado fora do perímetro da residência (200m x 200m), pois considerando essa hipótese, o atirador não teria relação com os seguranças do deputado.*

*A partir dos dados relativos ao projétil que penetrou na parede é possível determinar o calibre da arma que efetuou o disparo e a posição do atirador, após conhecer parâmetros como energia e trabalho realizado pela força de resistência da parede.*

Carta: 8,5x12,5cm

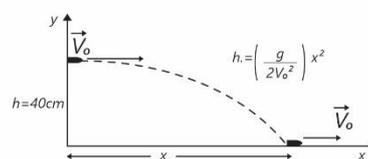
FRENTE



VERSO

O projétil retirado da parede do quarto entrou pela janela e descreveu um movimento levemente horizontal e descendente. A queda do projétil ou desnível entre a boca do cano e o ponto de impacto no alvo foi de 40cm e ocorre devido a efeitos de resistência do ar e principalmente em função da aceleração da gravidade no local. Esse desnível é melhor observado em disparos a distâncias superiores a 50m.

É possível afirmar que a componente horizontal da velocidade permanece constante e sua componente vertical pode ser desprezada, pois desníveis de 40cm são muito menores que os valores percorridos pelo projétil na horizontal. Assim, é possível determinar a posição do atirador que estava fora da residência.



Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

### 3.3 3º CASO: Morte Violenta em Acidente de Tráfego

#### 3.3.1 Cartão do Caso

**FRENTE**

**VERSO**

**CASO**

**TRILHA DO CRIME**

**MORTE VIOLENTA EM ACIDENTE DE TRÁFEGO**

**MORTE VIOLENTA EM ACIDENTE DE TRÁFEGO**

A análise e interpretação de acidentes de trânsito é um dos ramos da Física Forense, que envolve vários fenômenos físicos, podendo ser analisadas como parte da mecânica dos corpos rígidos.

Na madrugada do dia 21 de Maio de 2009 os peritos criminais do Núcleo de Física Forense realizaram exame em local de acidente de tráfego a fim de determinar a dinâmica da ocorrência que resultou na morte do condutor do veículo **B**, após colisão contra o veículo **A**.

No croqui esquemático ao lado, estão representadas as posições dos veículos imediatamente antes da colisão e alguns dados coletados pelos peritos no local do acidente.

O Ministério Público acusa o condutor do veículo **A** de dirigir a 150km/h, devendo responder por homicídio doloso pela morte do condutor do veículo **B**. O ponteiro do velocímetro do veículo **B** "travou" na marcação 108km/h, conforme dados coletados pelos peritos no local.

Veças foram selecionadas para compor o Núcleo de Física Forense e com base nas pistas apresentadas deverão elucidar o caso determinado a dinâmica do acidente e apontando possíveis culpados.

R: Raio de curvatura  
R = 200m

Fonte: O autor

Carta: 20x15cm

## 3.3.2 Cartas de pistas

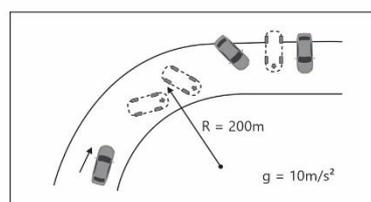
FRENTE



VERSO

Os peritos concluíram que o veículo **A** sofreu uma derrapagem ou tangenciamento, após atingir velocidade maior do que o limite da curva. Isso ocorre quando a força centrípeta supera a força de atrito entre os pneus do veículo e a via.

A partir dos dados mostrados na figura abaixo é possível determinar a velocidade limite da curva.



Fonte: O autor.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

A colisão entre os veículos ocorreu de forma transversal. Nesses casos, o veículo atingido lateralmente não tem componente de velocidade na direção transversal. Assim os danos produzidos dependem exclusivamente da força aplicada pelo veículo que o atinge com a dianteira.

Exames realizados no local evidenciaram o arrancamento da suspensão dianteira do veículo **A** e quebra da longarina do veículo **B**, além de danos no para-choque, para-lamas e grade do radiador.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

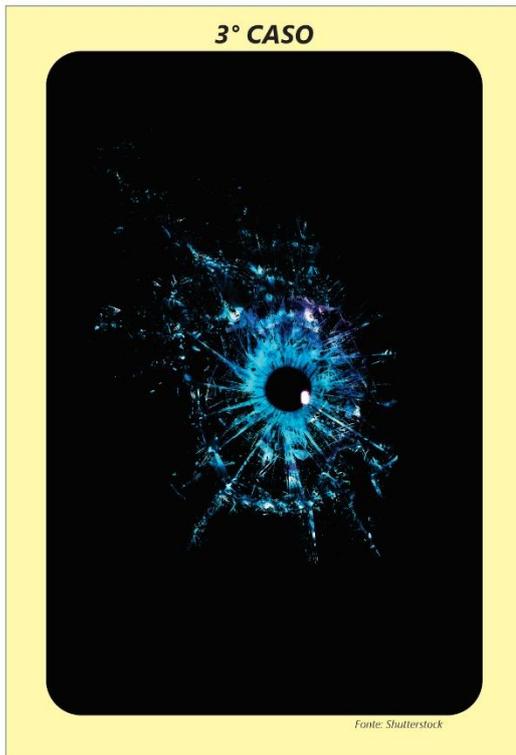
Na tabela a seguir apresentamos valores de coeficientes de atrito dinâmico em diferentes tipos de superfícies. Nas condições de seca ou molhada.

<b>Pavimento</b>	<b>Seco</b>	<b>Molhado</b>
<b>Asfalto</b>	0,80	0,70
<b>Concreto</b>	0,70	0,40
<b>Paralelepípedo</b>	0,70	0,50
<b>Pedra / Areia</b>	0,55	0,40

Fonte: R.F. Aragão. Acidentes de trânsito: análise da prova pericial. 5ª Ed. - Capinas, SP Millennium Editora, 2011. P484.

Carta: 8,5x12,5cm

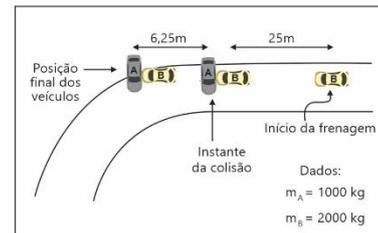
FRENTE



VERSO

Os peritos constataram que a velocidade do veículo **A** era praticamente nula no instante da colisão.

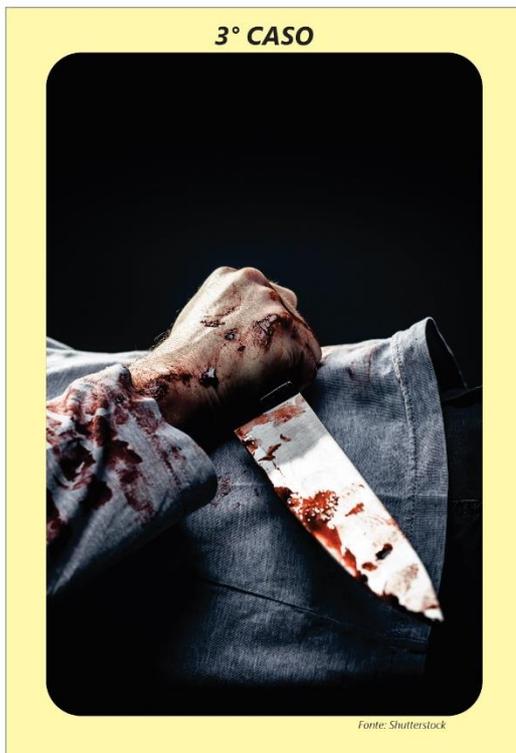
De acordo com o princípio da conservação da quantidade de movimento é possível determinar a velocidade do veículo **B** no instante da colisão. Após a colisão, ambos seguem unidos por uma distância de 6,25m até parar.



Fonte: O autor.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

Choques em que os corpos se deformam de tal maneira que permaneçam unidos após a colisão são denominados choques perfeitamente inelásticos.

Se a energia cinética final é igual à energia cinética inicial, a colisão é chamada de choque perfeitamente elástico.

<b>Choque Perfeitamente Elástico</b>			
$\vec{v}_A$ A	$v_B=0$ B	$\vec{v}_A$ A	$\vec{v}_B$ B
$Q = M_A \cdot v_A$		$Q = M_A v_A + M_B v_B$	
Antes da colisão		Depois da colisão	
<b>Conservação da quantidade de movimento</b>			

<b>Choque Perfeitamente Inelástico</b>			
$\vec{v}_A$ A	B	$\vec{v}$ A+B	
$Q = M_A \cdot v_A$		$Q = (M_A + M_B) v$	
Antes da colisão		Depois da colisão	
<b>Conservação da quantidade de movimento</b>			

Fonte: Ramalho, F.; Nicolau, G.F.; Toledo, P.A. Os Fundamentos da Física. 10ª Edição, Vol. 1. São Paulo, Editora Moderna, 2009. P. 336, 337

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

As tabelas a seguir relacionaram o tipo de avarias e intensidade dos danos numa colisão com o módulo da velocidade escalar, para veículos de porte médio (automóvel).

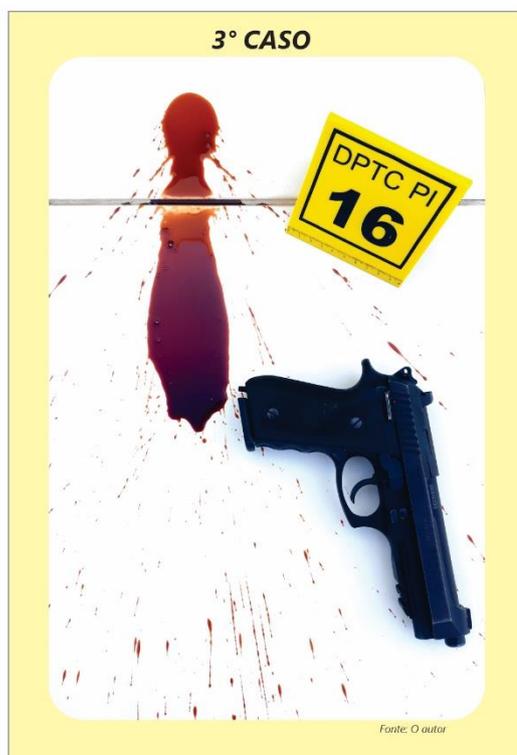
Tipo de avarias	V(km/h)
Entortar para choque no centro	10
Amassar para-lama rasgando	10
Amassar para-lama arrancando	15
Afundar a grade do radiador	40/45
Arrancar suspensão	40/45
Partir longarina	50/60
Arrancar motor dos calços	60/70

Intensidade das avarias	V(km/h)
Leve	0 a 20
Média	20 a 40
Grave	40 a 60
Gravíssima	Acima de 60

Fonte: R.F. Aragão. *Acidentes de trânsito: Análise da prova pericial*. 5ª Ed. - Campinas-SP Millennium Editora, 2011. P.511.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

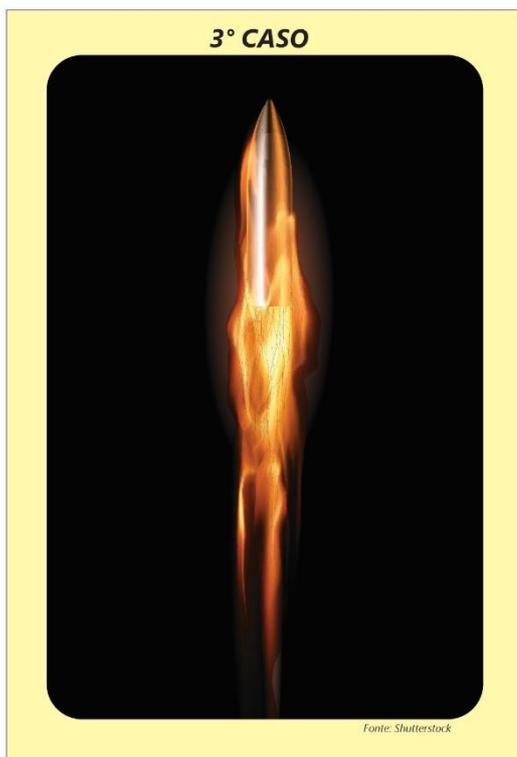
O ministério público denunciou a esposa do condutor do veículo **A** por tentativa de homicídio, após divulgação dos laudos periciais que constataram:

- Os pneus traseiros do veículo arrebentaram imediatamente antes de iniciar a curva à direita.
- Foi encontrado clorofórmio na região interna dos pneus.

O promotor sustenta a tese de que a esposa do condutor teria interesse em se apropriar de um seguro de vida no valor de R\$200.000,00.

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

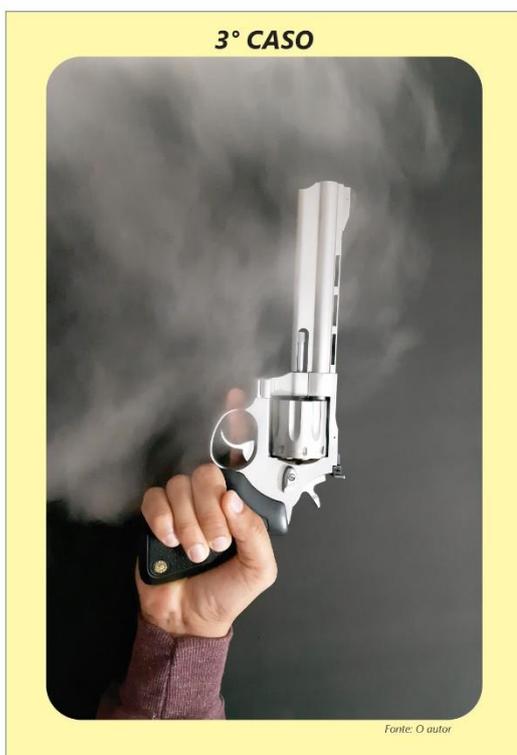


VERSO

*O Advogado do condutor do veículo A afirma que seu cliente deve responder por homicídio culposo, pois não havia intenção de provocar o acidente que resultou na morte do condutor do veículo B. Alega que o veículo B trafegava acima do limite de velocidade da via no momento da colisão. Obs.: O limite permitido na via é de 90 km/h.*

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

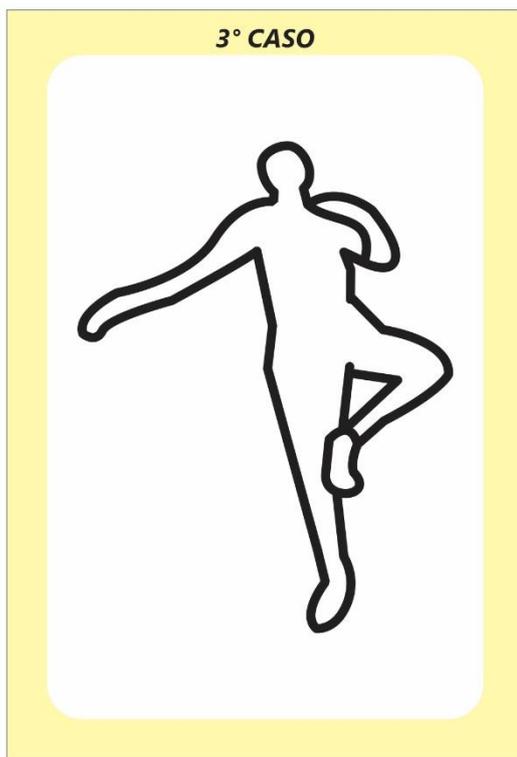


VERSO

*O ponteiro do velocímetro do veículo B "cravou" na marcação 108 km/h, o que não significa que este, trafegava com essa velocidade. Por meio do efeito needle slap (que é a marca deixada no velocímetro pelo impacto da agulha devido à sua inércia) podemos determinar a velocidade. A espectroscopia Raman pode ser utilizada para comprovar a transferência de material da agulha para o painel do velocímetro.*

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



VERSO

O clorofórmio é um composto químico de fórmula  $CHCl_3$  que possui as seguintes propriedades.

- ▶ Ponto de ebulição de  $61,2^\circ C$ .
- ▶ Incolor e volátil.
- ▶ Insolúvel em água.
- ▶ Pode se decompor sob efeito de aquecimento.
- ▶ Pode explodir se aquecido em recipiente fechado.
- ▶ Tóxico se ingerido ou seus vapores aspirados.

Carta: 8,5x12,5cm

#### 4 CARTAS DE SORTE E AZAR

As cartas de sorte e azar são comuns a todos os casos. A seguir apresentamos todas elas com suas respectivas quantidades a serem usadas durante a aplicação de cada caso.

FRENTE



VERSO

O MINISTÉRIO PÚBLICO  
ENTROU NO CASO E  
OFERECEU DENÚNCIA  
CONTRA O PRINCIPAL  
SUSPEITO.

**APROVEITE E VÁ DIRETO  
PARA O PERÍMETRO DE  
PROCESSAMENTO.**

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

FRENTE



VERSO

APÓS LER A SUA  
PRÓXIMA PISTA  
**ENTREGUE-A** PARA  
A EQUIPE AO SEU  
LADO

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

FRENTE



VERSO

**VALE PISTA**

AO FINAL DO JOGO, VOCÊ  
PODERÁ CONSULTAR UMA  
PISTA QUE NÃO TENHA  
COLETADO.

OBS: GUARDE ESTA  
CARTA PARA O FINAL.

Carta: 5,5x5,5cm - 1 unidade

FRENTE



VERSO

A DEFENSORIA PÚBLICA  
APRESENTOU UM HÁLIBE  
DO PRINCIPAL SUSPEITO.  
SUA INVESTIGAÇÃO  
ESTÁ COMPROMETIDA.

**NA PRÓXIMA RODADA  
DESCONTE 2 PONTOS DO  
NÚMERO OBTIDO NO DADO.**

Carta: 5,5x5,5cm - 1 unidade

FRENTE



VERSO

VOCÊ FOI ALVEJADO  
POR UM PROJÉTIL  
DE ALTA ENERGIA.

**FIQUE UMA RODADA  
SEM JOGAR.**

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

FRENTE



VERSO

VOCÊ DESTRUIU UM  
VESTÍGIO IMPORTANTE  
PARA A RESOLUÇÃO DO  
CRIME.

**RETORNE PARA O  
PERÍMETRO DE SEGURANÇA.**

Carta: 5,5x5,5cm - 1 unidade

FRENTE



VERSO

**SORTE DE HOJE:**

PULE PARA A CASA  
DE PISTA MAIS  
PRÓXIMA!

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

FRENTE



VERSO

HABEAS CORPUS NEGADO.  
O DESEMBARGADOR  
RECONHECEU QUE EXISTEM  
INDÍCIOS DE AUTORIA E  
PROVAS DA MATERIALIDADE  
DO CRIME.

**Aproveite e Avance  
3 Casas**

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

FRENTE



VERSO

O NÚCLEO DE FÍSICA  
FORENSE ACABA DE  
TE CONCEDER O DIREITO  
DE **REVER** ALGUMA  
PISTA À SUA ESCOLHA.

Carta: 5,5x5,5cm - 3 unidades

FRENTE



VERSO

O CORPO DA VÍTIMA ESTÁ  
FLÁCIDO, COM RIGIDEZ  
DE NUCA E MANDIBULA.  
TEMPO DE MORTE ESTIMADO  
EM MENOS DE 2h.  
SEJA OBJETIVO E RÁPIDO.  
O POSSÍVEL AGRESSOR  
ESTÁ POR PERTO.

**AVANCE 3 CASAS!**

Carta: 5,5x5,5cm - 2 unidades

5 CADERNO DE SOLUÇÕES

Os cadernos de soluções, material de acesso exclusivo do professor, serve de apoio e conferência para que ao final de cada partida possa auxiliar o professor na correção e acompanhamento da solução dos casos pelos discentes.

5.1 Solução do 1º caso

FRETE
VERSO

**SOLUÇÃO DO 1º CASO**

**TRILHA DO CRIME**

$E_c = \frac{mv^2}{2}$

**MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI**

**SOLUÇÃO 1º CASO: MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI**

O movimento de queda é o resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: queda livre e movimento horizontal. De posse da altura de queda e do alcance horizontal, podemos determinar o tempo de que, a velocidade horizontal e a velocidade do corpo ao tocar o solo.

\*Tempo de queda

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$1 = 0 + 0 + \frac{g t^2}{2}$$

$$2s = g t^2$$

$$2 \cdot 1 = 10 t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{10}}$$

$$t = 0,4472135955$$

$$t \approx 0,45 \text{ s}$$

\*Velocidade horizontal

$$s = s_0 + v_0 t$$

$$A = v_0 t$$

$$2,75 = v_0 (0,45)$$

$$v_0 = \frac{2,75}{0,45}$$

$$v_0 = 6,111111111$$

$$v_0 \approx 6,11 \text{ m/s}$$

\*Velocidade ao tocar o solo

$$v^2 = v_0^2 + 2As$$

$$v^2 = 6,11^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1$$

$$v^2 = 37,3321 + 20$$

$$v^2 = 57,3321$$

$$v = \sqrt{57,3321}$$

$$v = 7,572470023$$

$$v \approx 7,57 \text{ m/s}$$

\*Velocidade ao tocar o solo

$$v^2 = v_0^2 + 2As$$

$$v^2 = 6,11^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1$$

$$v^2 = 37,3321 + 20$$

$$v^2 = 57,3321$$

$$v = \sqrt{57,3321}$$

$$v = 7,572470023$$

$$v \approx 7,57 \text{ m/s}$$

**ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS APRESENTADAS NAS PISTAS.**

a) Conforme manchas de sangue presentes no quarto, conclui-se que a vítima (lesionada) se movimentou do janelo para o porta do quarto. Pelo princípio da inércia, uma gota de sangue produzida por um corpo em movimento, tende a continuar seu movimento ao tocar o solo. Entretanto, o arifto da gota de sangue, com a superfície produz o formato mostrado na carta.

b) Conforme tabela de relação entre lesões e velocidade, conclui-se que a velocidade de 22,39m/s é compatível com uma precipitação do 8º andar.

c) Conforme pistas, criminosos estiveram no 8º andar. Porém, não haviam sinais de ruído ou furo em imóveis desse andar.

d) A vítima foi projetada à velocidade de 1,23m/s do janelo do 8º andar, conforme pista relativa à velocidade de pedestres (1,7m/s, 18 anos, feminino), conclui-se que a vítima não pode ter cometido suicídio.

**CONCLUSÃO:** Femiinizada. Após ter sido lesionada a garota foi jogada pelo namorado do janelo de seu quarto situado no 8º andar do edifício.

Carta: 20x15cm

5.2 Solução do 2º caso

FRENTE

SOLUÇÃO DO 2º CASO

TRILHA DO CRIME

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$h = \left( \frac{g}{2v_0^2} \right) \cdot x^2$$

A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL

VERSO

SOLUÇÃO 2º CASO: A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL

Para a elucidação do caso devemos conhecer (determinar) parâmetros como a velocidade do projétil que se atingiu na parede do quarto, posição do atirador (ou atiradores) e a energia cinética dos projéteis que atingiram as vítimas.

$T = E_c$   
 $F = \frac{m \cdot v^2}{2}$   
 $(-8000)(0,1) = 0 - \frac{10 \cdot 10^3 \cdot v_0^2}{2}$   
 $-1600 = -10^4 v_0^2 (-1)$   
 $v_0 = 400 \text{ m/s}$

$v = 400 \text{ m/s}$   
 $m = 10 \text{ g}$   
 $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{10 \cdot 10^3 (400)^2}{2}$   
 $E_c = 8000$

$h = \left( \frac{g}{2v_0^2} \right) \cdot x^2$   
 $(0,4) = \left( \frac{10}{2 \cdot 400^2} \right) \cdot x^2$   
 $x = 112 \text{ m}$

Obs.: Foram considerados desprezíveis os efeitos de resistência do ar e aceleração da gravidade de  $10 \text{ m/s}^2$

ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS APRESENTADAS NAS PISTAS.

- a) O projétil que atingiu a parede do quarto percorreu a distância de 112m. Assim não poderia ter sido disparado por um atirador de elite posicionado fora do perímetro da residência (200m x 200m).
- b) As pistas confirmaram que as anotações encontradas sobre a mesa foram redigidas pelo garoto antes de morrer, conclui-se que a garota é canhota após verificar a posição da caneta e caderno sobre a mesa. Assim, descarta-se a hipótese de homicídio seguido de suicídio, em face da posição da arma que deveria repousar, ao lado esquerdo do corpo ao invés do lado direito.
- c) Conforme as pistas, os grãos de pólvora incrustados nos rostos das vítimas confirmam que os disparos efetuados na cabeça ocorreram a curta distância, a partir do revólver calibre .32.
- d) O revólver calibre .357 da segurança foi usado no crime, além do revólver calibre .32.

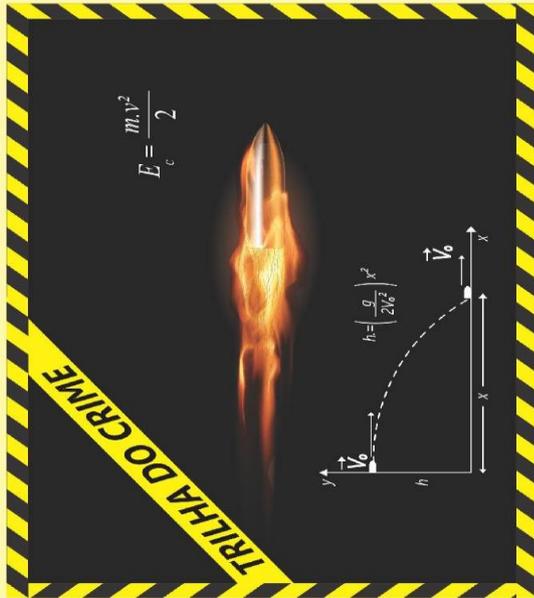
CONCLUSÃO: Duplo homicídio. Os segurancas mataram o casal e fojaram o homicídio seguido de suicídio.

Carta: 20x15cm

5.3 Solução do 3º caso

FRENTE

SOLUÇÃO DO 3º CASO



MORTE VIOLENTA EM ACIDENTE DE TRÁFEGO

VERSO

SOLUÇÃO 3º CASO: MORTE VIOLENTA EM ACIDENTE DE TRÁFEGO

Inicialmente devemos analisar as evidências apresentadas pelas cartas de pistas relativamente aos fenômenos observados na ocorrência a fim de determinar a dinâmica do sinistro ocorrido.

a) Força centrípeta (veículo A): Obs: coeficiente de atrito mostrado em carta de pista.

$$F_c = F_r$$

$$\frac{mv^2}{R} = \mu \cdot (mg)$$

$$v = \sqrt{\mu g R} = \sqrt{(0,8) \cdot (10) \cdot (200)}$$

$$v = 40 \text{ m/s} = 144 \text{ km/h}$$

\* Valor:  $\mu = 0,8$

\* Condutor do veículo A acima do limite de velocidade permitido na via.

Fonte: O autor.

b) Conservação da quantidade de movimento: Obs:  $\sigma = \mu \cdot g$

① Antes  $V_1^2 = V_2^2 - 2\sigma \Delta S$

② Durante  $\sigma^2 = v^2 - 2(\mu g) \Delta S$

③ Após  $\sigma^2 = v^2 - 2(0,8)(10)(6,25)$

$v_2 = 10 \text{ m/s}$

(Veículo B)

$V_2^2 = V_1^2 - 2\sigma \Delta S$

$15^2 = V_1^2 - 2(0,8)(10)(25)$

$V_1 = 25 \text{ m/s}$

$V_1 = 90 \text{ km/h}$

(No colisão)

Q antes = Q antes

$(1000 \cdot 2000) \cdot (10 - 2000) V_6$

$V_6 = 15 \text{ m/s}$

Fonte: O autor.

c) Antes da colisão o veículo B trafegava dentro do limite de velocidade da via (90km/h).

d) O condutor do veículo A deve responder por homicídio doloso (quando há intenção de matar) por conduzir o veículo acima do limite permitido para a via.

e) no interior dos pneus foi encontrado cloroformio. Essa substância destrói a elasticidade da borracha. Sob pressão, o pneu pode se desintegrar. A esposa do condutor deve responder por homicídio qualificado após o ministério público oferecer a denúncia.

Carta: 20x15cm

## 6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

Com o desenvolvimento e aplicação do jogo educacional Trilha do Crime mostramos que a literatura comprova que o lúdico proporciona melhorias significativas na aprendizagem, evidenciadas pelas constatações apresentadas quanto à receptividade, interação e troca de saberes dos alunos durante a aplicação do jogo de tabuleiro em aulas de Física. Esse fato ratifica que existe uma relação positiva entre os resultados obtidos nesses trabalhos e as bases teóricas utilizadas em nossa pesquisa. Todavia, ressaltamos que o lúdico deve passar necessariamente pelo jogo e o jogo resulta na jogabilidade.

Utilizamos a definição de jogabilidade para reforçarmos o caráter qualitativo da pesquisa com o objetivo de chegar a conclusões mais aprofundadas a respeito da influência da ludicidade no processo ensino aprendizagem. Para isso, utilizamos a metodologia empregada na produção de jogos comerciais, por meio dos pressupostos teóricos de Salen e Zimmerman (2012), no qual faz-se uso da jogabilidade para projetar alterações que irão promover a interação lúdica significativa.

Obviamente, a interação lúdica significativa é resultado de alterações provocadas na jogabilidade do jogo. A proposta de trabalho com análise de cenas de crime contribuiu para melhoria e aquisição dessas competências sugeridas do ponto de vista da ILS (Interação Lúdica Significativa), possibilitando a construção do conhecimento pautado na interdisciplinaridade e contextualização do conteúdo de Mecânica atrelado à Física Forense, tema pouco abordado no Ensino de Física. Nesse sentido, as Mecânicas do jogo sofreram alterações significativas e fundamentais para verificação do papel do jogo no processo ensino aprendizagem de Física.

Do ponto de vista da interdisciplinaridade e da contextualização, o jogo mostrou-se eficaz, tendo em vista que o trabalho com o jogo de tabuleiro (com viés investigativo) visa minimizar os problemas que encontramos em relação à compartimentalização da ciência. O estudo pautado na relação entre tecnologia e sociedade resultará num sólido processo de alfabetização científica desse aluno.

O enfoque investigativo, do ponto de vista criminal apresentado no jogo “Trilha do Crime”, inseriu o aluno num contexto de investigação repleto de mistérios, pistas e investigação científica, em que o mesmo precisou se apropriar dos problemas propostos, aperfeiçoar suas concepções prévias e construir novos significados de acordo com os conteúdos que eram apresentados em cada caso.

O jogo educacional proposto, por ser jogado de forma cooperativa e competitiva, apresentou-se alinhado com Vygotsky e com o método da aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP), segundo nossa linha de investigação. Constatamos por meio do método ABRP que a interação entre os jogadores de cada equipe e a interação entre as equipes nesse ambiente lúdico proporcionaram um momento único de troca de saberes e experiências fundamentais para a formação de sujeitos mais críticos na sociedade, conforme preconizam os PCN's.

Consideramos que o jogo educacional “Trilha do Crime” superou nossas expectativas em relação aos objetivos apresentados. O interesse dos alunos e a participação em cada etapa desse processo nos mostrou que o produto educacional aumentou o interesse pelo aprendizado de Física e facilitou o entendimento dos conteúdos de Mecânica.

Constatamos ainda, que a estrutura física disponível nas escolas é fundamental para esse processo de construção do conhecimento. Durante as etapas de aplicação observamos que a estrutura disponível em nossa escola facilitou e trouxe comodidade e celeridade ao jogo, numa aplicação em um intervalo de duas aulas seguidas. Se a escola disponibiliza estrutura física ao docente, inclusive para criar novos casos, os objetivos alcançados na primeira série terão grande probabilidade de concretização nas demais séries do Ensino Médio.

Entendemos que o processo ensino aprendizagem de Física, através do jogo de tabuleiro, não poderá substituir o trabalho do professor em sala de aula, principalmente se levarmos em conta a preparação desses educandos para os processos de seleção de ingresso no ensino superior (como o ENEM), que deixa o professor atrelado à exposição de uma gama de conteúdos cobrados em cada exame. Porém, ressaltamos que essa ferramenta constitui importante instrumento no processo de construção do conhecimento.

O ensino com jogos não irá mudar de imediato as concepções sobre o ensino em nossas escolas, mas nos mostra que uma aprendizagem motivadora, eficaz, lúdica e prazerosa, minimiza sem dúvida a distância existente entre o professor e o aluno, proporcionando, portanto, um ambiente escolar capaz de promover o desenvolvimento de habilidades que irão refletir positivamente na compreensão dos conceitos de Física presentes no jogo proposto.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, Ranvier Feitosa. *Acidentes de trânsito: análise da prova pericial*. 5. ed. Campinas, São Paulo: Millennium, 2011.

CBC. Companhia Brasileira de Cartuchos. *Informativo técnico*, n. 32, 2018.

NETO, Osvaldo Negrini. Soluções Eletrônicas para cálculos de velocidade em Acidentes de Trânsito. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 24, n. 2, p.124-128, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000200007&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172002000200007&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 13 mar. 2019.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Regras do jogo: fundamentos do design de jogos: principais conceitos*. São Paulo: Blucher, 2012.

VELHO, Antônio Velho; COSTA, Karina Alves; DAMASCENO, Clayton Tadeu Mota Damasceno. *Locais de crime: dos vestígios à dinâmica criminosa*. Campinas, São Paulo: Millennium, 2013.