



**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

1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1	A Física Forense.....	4
1.2	Jogo Educacional Trilha do Crime	4
1.3	Mecânicas e regras.....	5
1.4	Tabuleiro	8
1.5	Logomarca do jogo	9
2	METODOLOGIA.....	10
2.1	Natureza da pesquisa.....	10
2.2	Relação do Jogo com os conteúdos ministrados pelo professor	10
2.3	Aplicação do jogo	12
3	CASOS	13
3.1	1º CASO: Morte Violenta no edifício Dubai	13
3.1.1	Cartão do caso	13
3.1.2	Cartas de pistas	14
3.2	2º CASO: A morte do Deputado Federal	19
3.2.1	Cartão do caso	19
3.2.2	Cartas de pistas	20
3.3	3º CASO: Morte Violenta em Acidente de Tráfego	26
3.3.1	Cartão do caso	26
3.3.2	Cartas de pistas	29
4	CARTA DE SORTE E AZAR	33
5	CADERNO DE SOLUÇÕES	37
5.1	Solução do 1º caso	37
5.2	Solução do 2º caso	38
5.3	Solução do 3º caso	39
6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL.....	40
	REFERÊNCIAS.....	42

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.

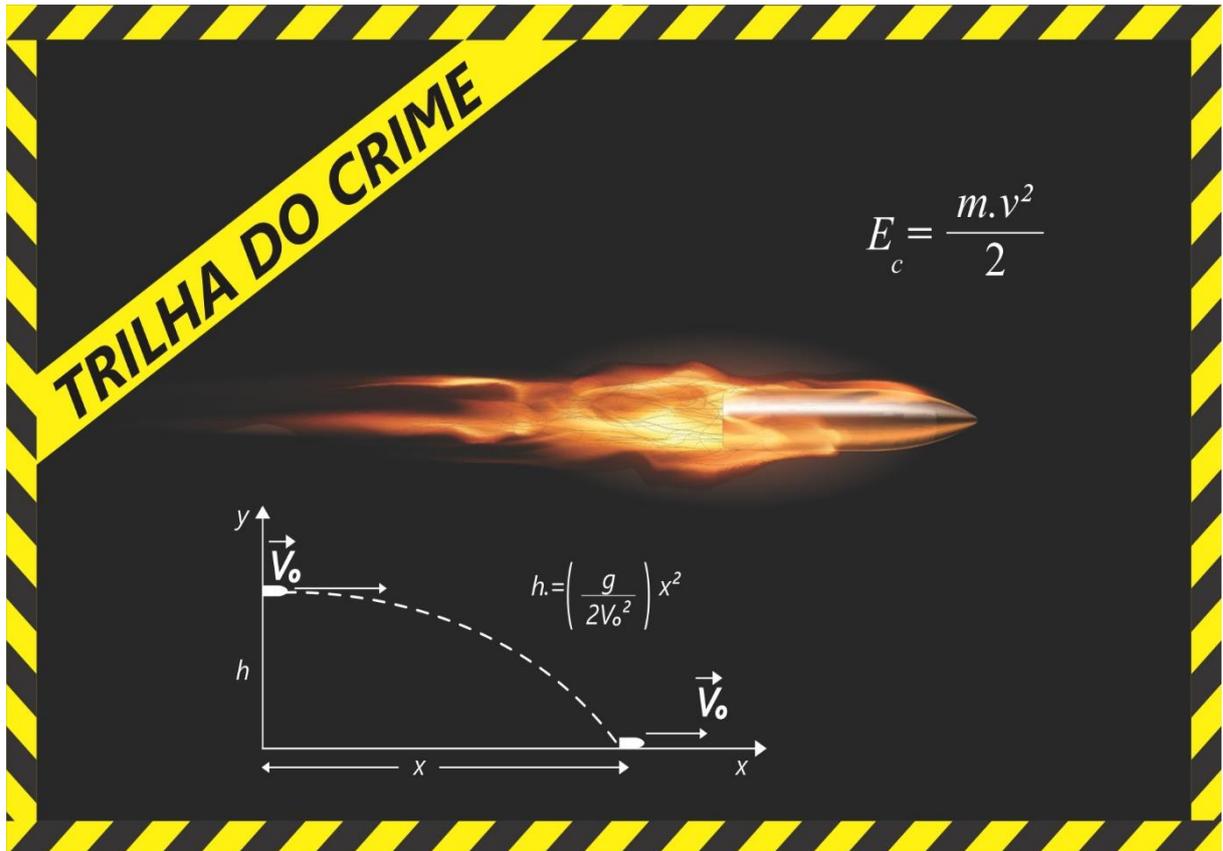
As cartas de sorte e azar podem dar bônus ao jogador ou lhe provocar perdas e atrasos no jogo. A depender do sorte, o jogador pode avançar do perímetro de segurança para o perímetro de processamento ou o processo contrário. Caso o jogador esteja no perímetro de processamento e tenha que retornar ao perímetro de segurança, deverá retornar sua saga a partir da primeira carta de pista situada no perímetro de processamento. Caso o jogador esteja 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

CASO	OBJETIVO	PROBLEMA PROPOSTO	TEMAS ABORDADOS	SUGESTÕES DE QUANDO JOGAR
Morte Violenta no edifício Dubai	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.
Morte Violenta do Deputado Federal e sua namorada	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.
Morte Violenta em Acidente de Trânsito	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^a) 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

TRILHA DO CRIME

CASO

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$h = \left| \frac{g \cdot t^2}{2} \right|$$

V_0 (vertical velocity)
 V_0 (horizontal velocity)
 x (horizontal distance)
 y (vertical distance)
 h (height)

MORTE VIOLENTA NO EDIFÍCIO DUBAI

VERSO

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.

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

$h = 25,00\text{m}$
 $A = 2,75\text{m}$

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.

Carta: 20x15cm

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:

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

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

$$v = v_0 + a \cdot t$$
- 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 grave tais como:

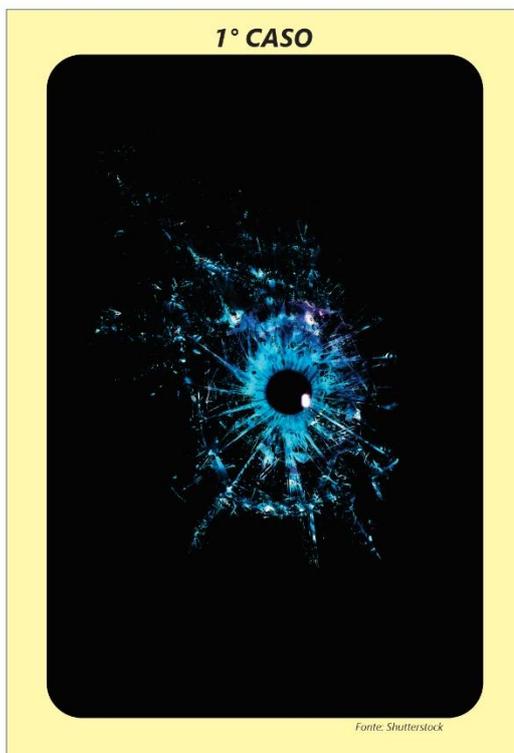
- Fraturas múltiplas
- Roturas das vísceras
- grande hemorragia
- Pouco dano à pele

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

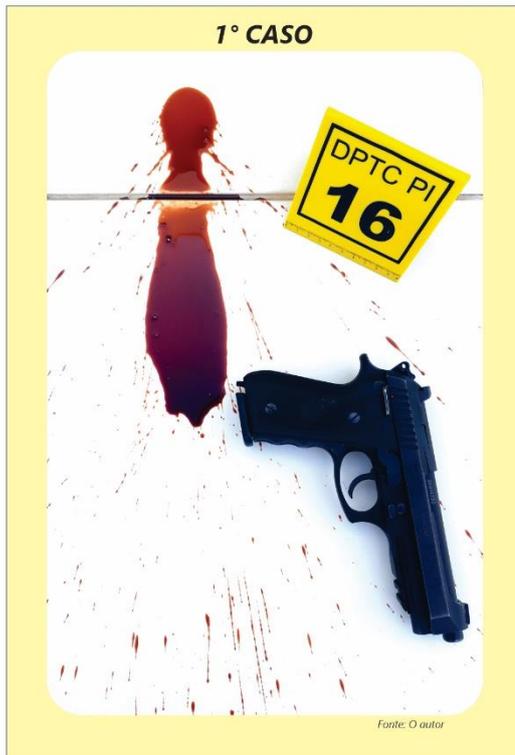
VELOCIDADE MÉDIA DE PEDESTRES CAMINHANDO - m/s		
IDADE	MASCULINO	FEMININO
13 - 16	1,70	1,70
15 - 19	1,72	1,71
20+	1,73	1,72
30+	1,73	1,70
40+	1,74	1,71
50+	1,69	1,69
60+	1,57	1,55
70+	1,52	1,52

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

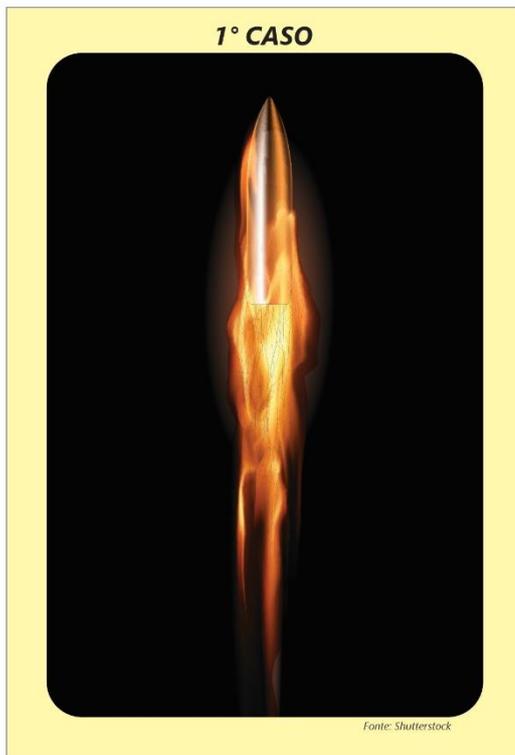
A tabela a seguir mostra a relação entre as lesões apresentadas por um corpo ao sofrer precipitação e a velocidade atingida na colisão contra o solo suposto rígido.

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

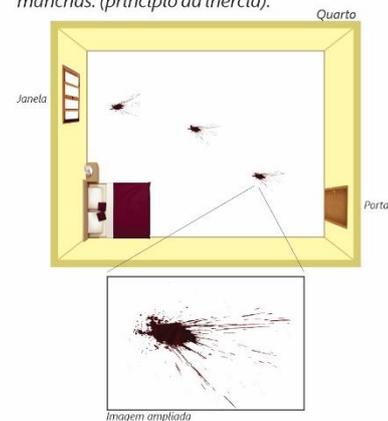
FRENTE



VERSO

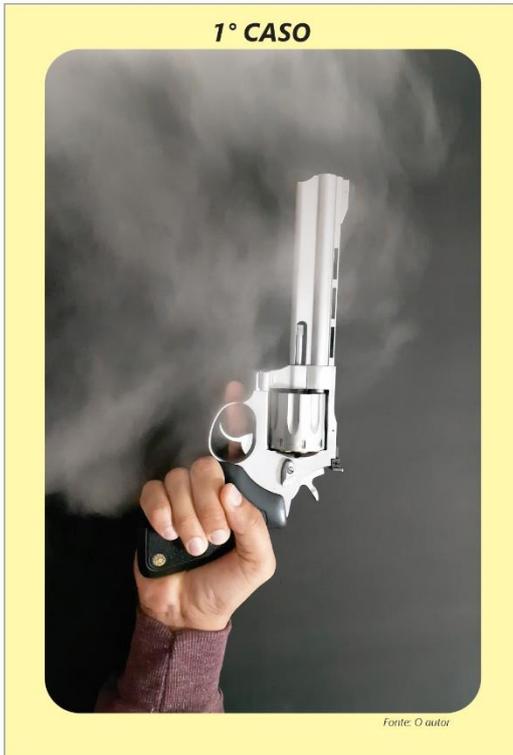
Os peritos descartaram a hipótese de acidente. Manchas de sangue em forma de trilha foram encontradas no quarto, o que reforça a tese de homicídio.

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.

Lesões por precipitação.

a) acidente; b) homicídio; c) suicídio.

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

VERSÃO

A MORTE DO DEPUTADO FEDERAL

No dia 07 de Dezembro de 2011 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.

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

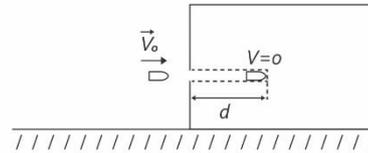


VERSO

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.

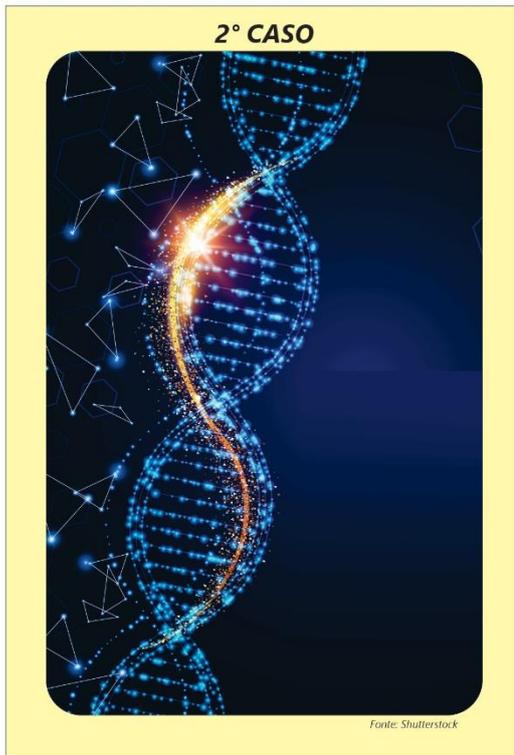
Com isso, é possível determinar a velocidade com que o projétil atingiu a parede.



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

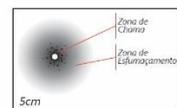
FRENTE



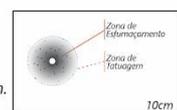
VERSO

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.

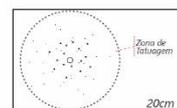
➤ **Chama**
- Gases em combustão
- Alta temperatura
- Tecidos queimados



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

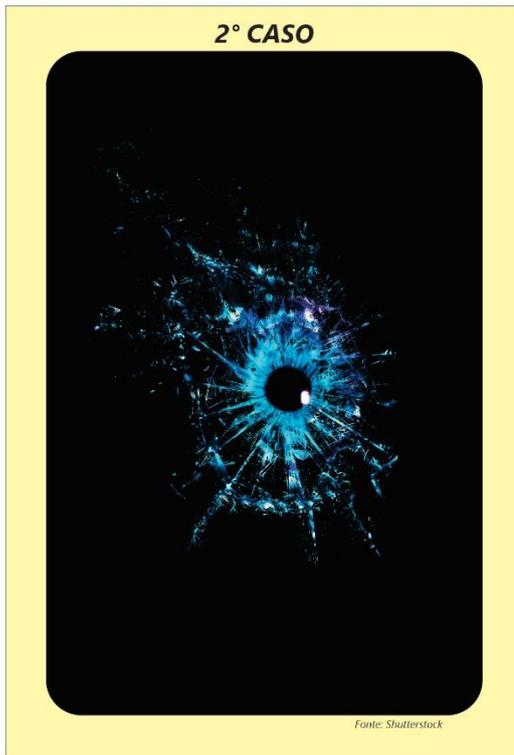


➤ **Tatuagem**
- Incrustação de grãos de pólvora no local.



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

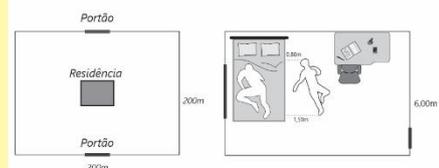
FRENTE



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.



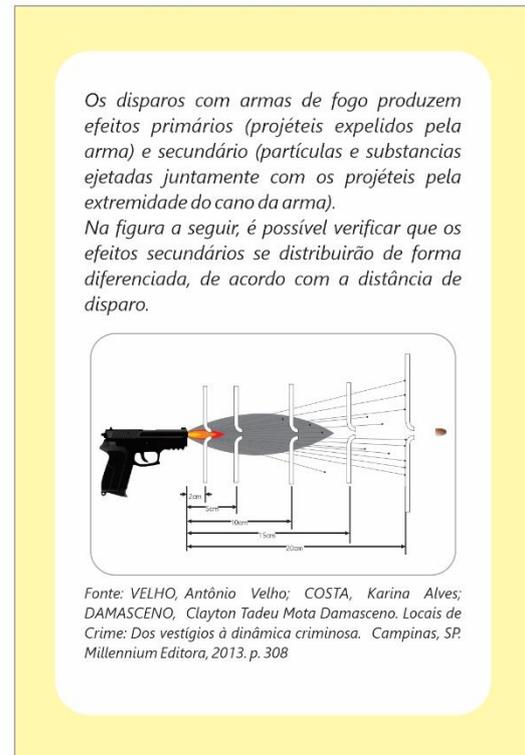
Fonte: O autor

Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

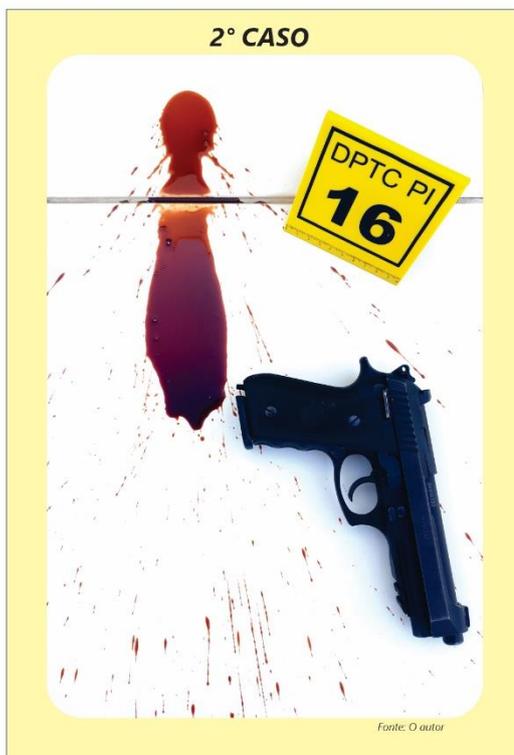


VERSO

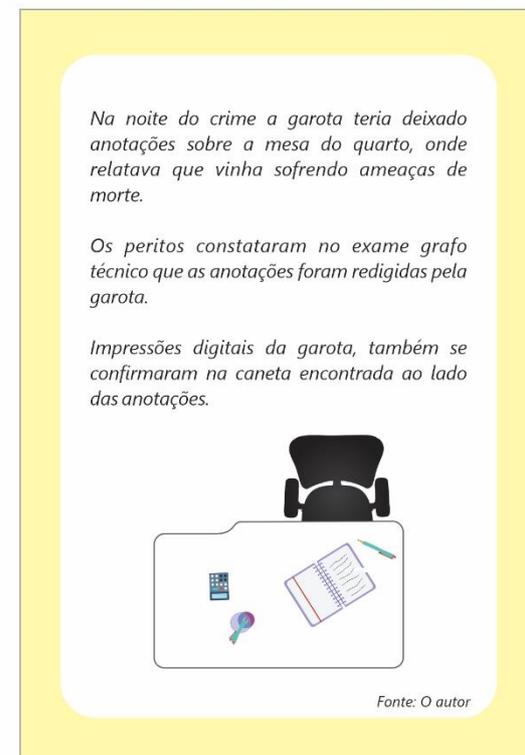


Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE

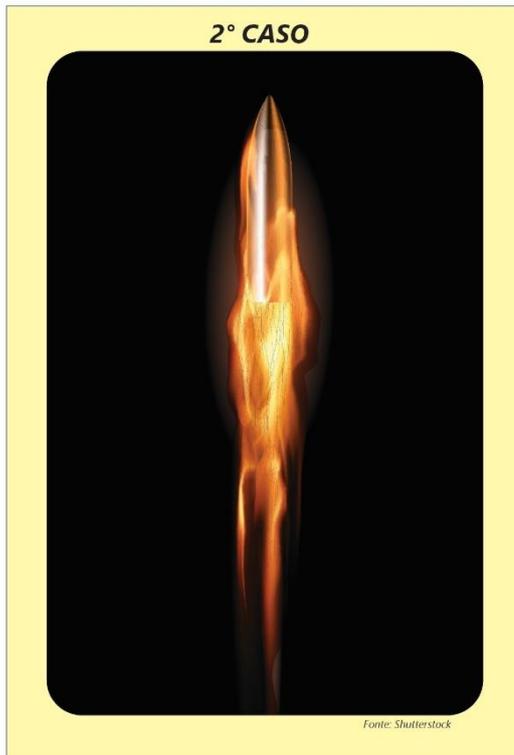


VERSO



Carta: 8,5x12,5cm

FRENTE



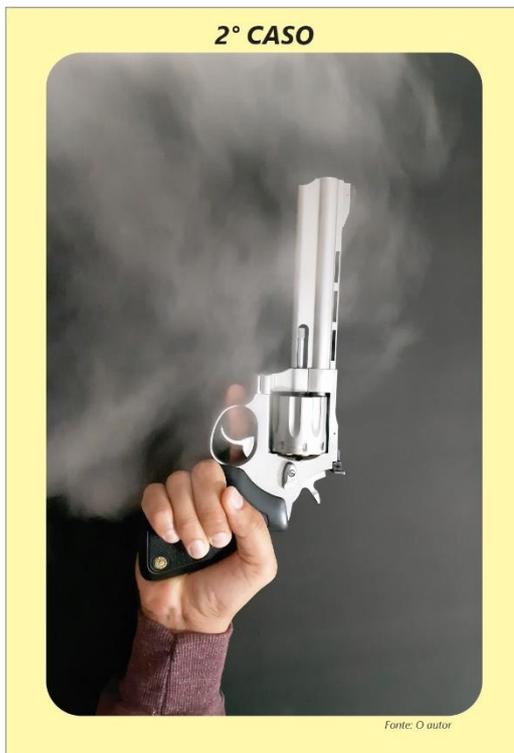
VERSO

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

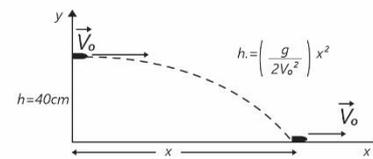
FRENTE



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

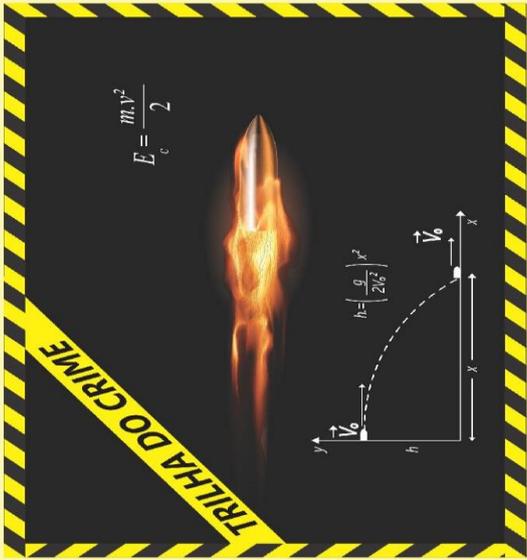
Carta: 8,5x12,5cm

3.3 3º CASO: Morte Violenta em Acidente de Tráfego

3.3.1 Cartão do Caso

FRETE
VERSO

CASO



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 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 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.

Você, 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.

Carta: 20x15cm

3.3.2 Cartas de pistas

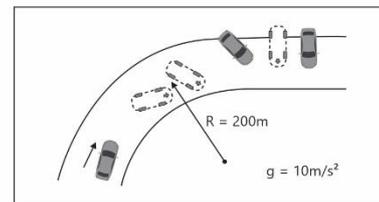
FRENTE



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.

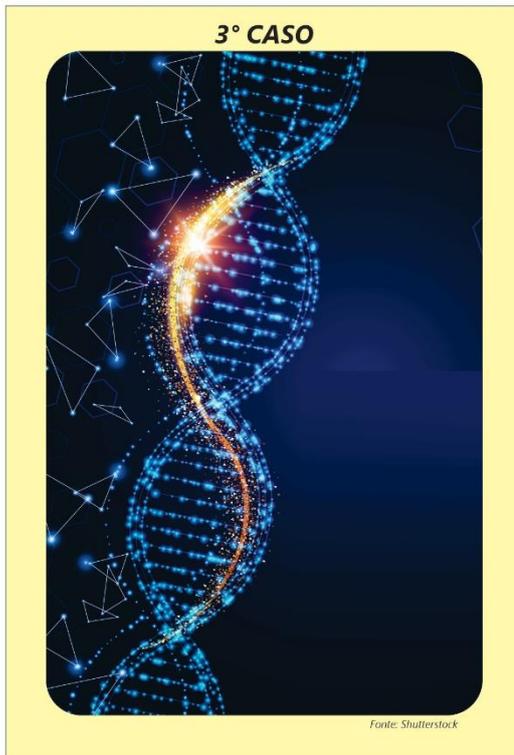
A partir dos dados mostrados na figura abaixo é possível determinar a velocidade limite da curva.



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

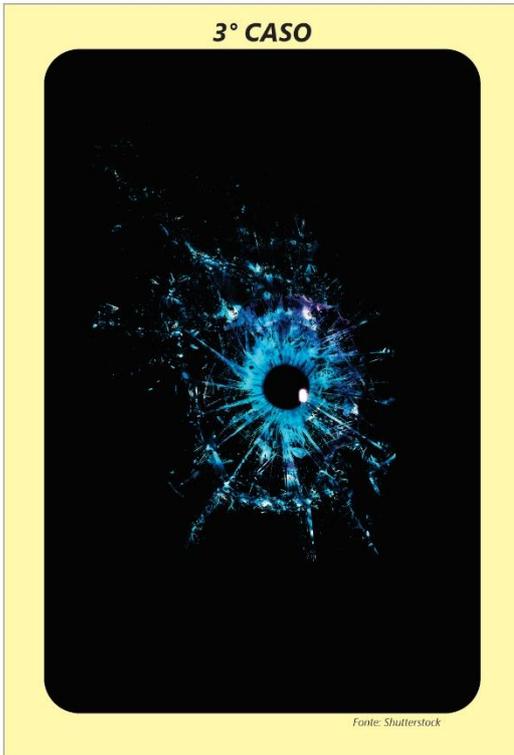
Na tabela a seguir apresentamos valores de coeficientes de atrito dinâmico em diferentes tipos de superfícies. Nas condições de seca ou molhada.

Pavimento	Seco	Molhado
Asfalto	0,80	0,70
Concreto	0,70	0,40
Paralelepípedo	0,70	0,50
Pedra / Areia	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.

Dados:
 $m_A = 1000 \text{ kg}$
 $m_B = 2000 \text{ kg}$

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.

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

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

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).

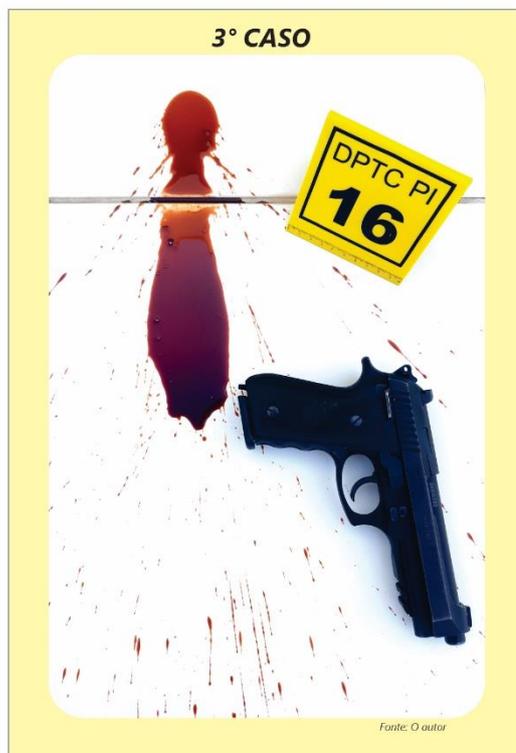
Tipo de avarias	V(Km/h)
Entortar para choque no centro	10
Amassar para-lama rasgando	10
Amassar para-lama arrancando	15
Afundar a grade do radiador	40/45
Arrancar suspensão	40/45
Partir longarina	50/60
Arrancar motor dos calços	60/70

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

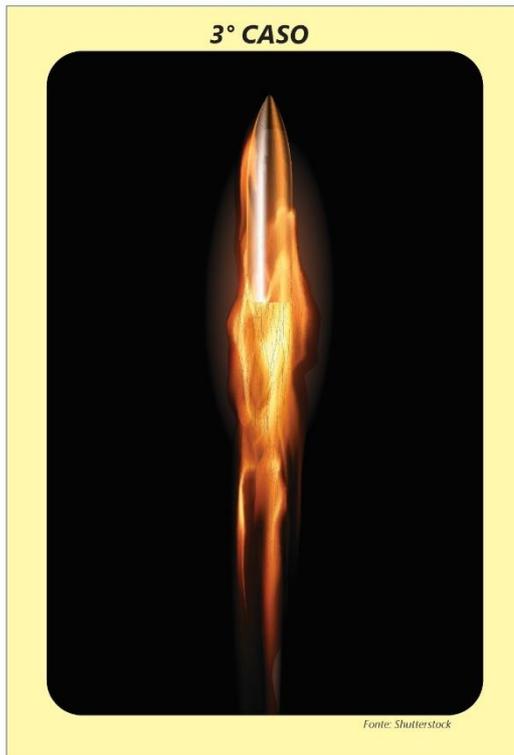
O ministério público denunciou a esposa do condutor do veículo **A** por tentativa de homicídio, após divulgação dos laudos periciais que constataram:

- ➡ 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

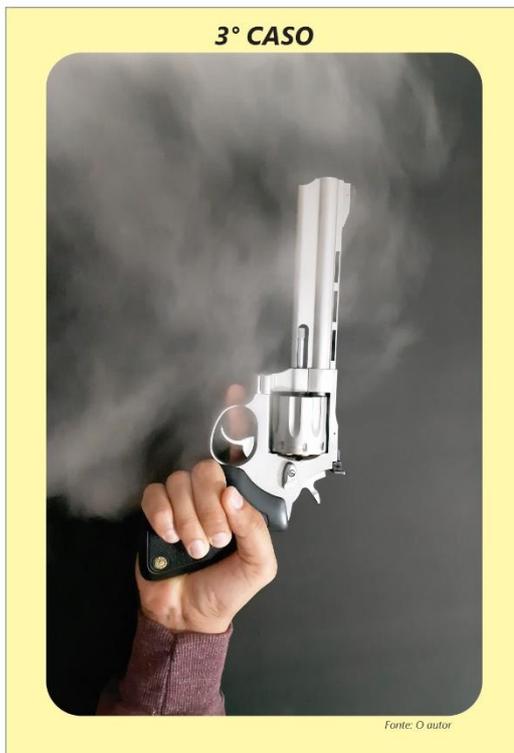


VERSO

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 $61,2^\circ\text{C}$.
- ▶ 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

FRENTE
VERSO

SOLUÇÃO DO 1º CASO

TRILHA DO CRIME



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**

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

$$h = \frac{g t^2}{2}$$

$$25 = \frac{10 t^2}{2}$$

$$t = 2,23s$$

***Velocidade horizontal**

$$s = s_0 + v_0 t$$

$$A = v_0 t$$

$$2,75 = v_0 (2,23)$$

$$v_0 = 1,23m/s$$

***Velocidade ao tocar o solo**

$$v_x^2 = v_0^2 + 2 \cdot A \cdot s$$

$$v_x^2 = 0^2 + 2(9,8) H$$

$$v_x^2 = 2^2 + 190(25)$$

$$v_x = 22,39m/s$$

***Velocidade ao tocar o solo**

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$v^2 = (1,23)^2 + (22,36)^2$$

$$v^2 = 2^2 + 190(25)$$

$$v = 22,39m/s$$

ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS APRESENTADAS NAS PISTAS.

a) Conforme manchas de sangue presentes no quarto, conclui-se que o vítima (lesionada) se movimentou da janela para a 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 arito 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 roubo ou furto em imóveis desse andar.

d) A vítima foi projetada a velocidade de 1,23m/s da janela do 8º andar, conforme pista relativa à velocidade de pedestres (1,7m/s, 18 anos, feminino), conclui-se que o vítima não pode ter cometido suicídio.

CONCLUSÃO: Femicídio. Após ter sido lesionada a garota foi jogada pelo namorado da janela de seu quarto situado no 8º andar do edifício.

Carta: 20x15cm

5.2 Solução do 2º caso

FRENTE

SOLUÇÃO DO 2º CASO

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

TRILHA DO CRIME

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 atijou na parede do quarto, posição do atirador (ou atiradores) e a energia cinética dos projéteis que atingiram as vítimas.

Obs: Foram considerados desprezíveis os efeitos de resistência do ar e aceleração da gravidade de 10m/s^2 .

$v = 400\text{m/s}$
 $m = 10\text{g}$
 $E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{10 \cdot 10^{-3} (400)^2}{2}$
 $E_c = 800\text{J}$

$h = \left(\frac{g}{2v_0^2}\right) x^2$
 $(0,4) = \left(\frac{10}{2 \cdot (400)^2}\right) x^2$
 $x = 112\text{m}$

$T = E_c$
 $F_d = mv^2 = \frac{mv^2}{x}$
 $(-8000)(0,1) = 0 - \frac{10 \cdot 10^{-3} v^2}{x}$
 $-1600 = -10^3 v^2 (-1)$
 $v = 400\text{m/s}$

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 amolações encontradas sobre a mesa foram realigadas pela garota 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 de segurança foi usado no crime, além do revólver calibre .32.

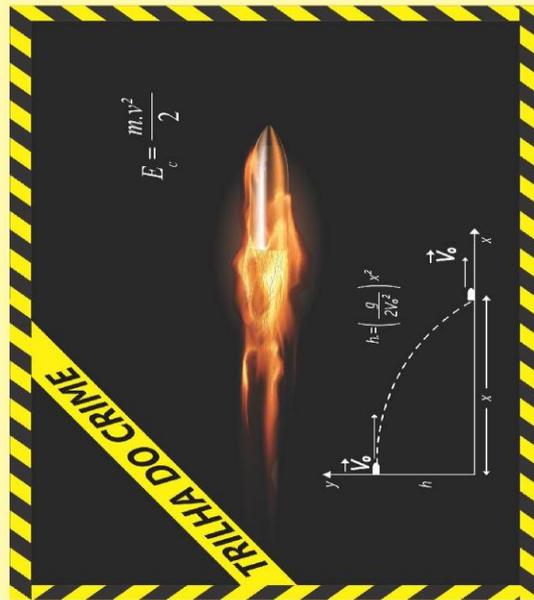
CONCLUSÃO: Duplo homicídio. Os segurancas mataram o casal e forjaram o homicídio seguido de suicídio.

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 fenómenos observados na ocorrência a fim de determinar a dinâmica do sinistro ocorrido.

a) Força centípeta (veículo A). Obs: coeficiente de atrito mostrada em carta de pista.

$$F_c = F_{at}$$

$$\frac{mv^2}{R} = \mu(mg)$$

$$v = \sqrt{Hg\mu} = \sqrt{(0,8)(10)(200)}$$

$$v = 40 \text{ m/s} = 144 \text{ km/h}$$

Fonte: O autor

* Valor: $\mu = 0,8$

* Condutor do veículo A acima do limite de velocidade permitido na via.

b) Conservação da quantidade de movimento. Obs: $\alpha = \mu, g$

Fonte: O autor

(Veículo B)
 $V_2^2 = V_1^2 - 2\alpha \Delta S$
 $15^2 = V_1^2 - 2(0,8)(10)(25)$
 $V_1 = 25 \text{ m/s}$
 $V_1 = 90 \text{ km/h}$

(No colisão)
 $Q \text{ antes} = 0$
 $(1000 \times 200) + (10 \times 2000) V_6$
 $V_6 = 15 \text{ m/s}$

(Após)
 $Q^2 = V_2^2 - 2(0,8)(10)(6,25)$
 $V_2 = 10 \text{ m/s}$

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. 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.