

PRODUTO EDUCACIONAL

**ATIVIDADES DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS:  
Uma prática promotora do suporte à  
autonomia dos estudantes em aulas de Física**

**ANA MARIA BOJARSKI**

JOINVILLE, SC  
2023

**Instituição de Ensino:** UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

**Programa:** ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

**Nível:** MESTRADO PROFISSIONAL

**Área de Concentração:** Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.

**Linha de Pesquisa:** Formação de Professores na Área de Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

**Título:** Atividades Didáticas Investigativas: Uma prática promotora de suporte à autonomia dos estudantes em aulas de Física

**Autor:** Ana Maria Bojarski

**Orientador:** Ivani Teresinha Lawall

**Coorientador:** Luiz Clement

**Data:** 04/08/2023

**Produto Educacional:** Apostila

**Nível de ensino:** Ensino Médio.

**Área de Conhecimento:** Física

**Tema:** Estilo Motivacional de Professores e os recursos de suporte à autonomia dos estudantes.

#### **Descrição do Produto Educacional:**

A partir de estudos sobre o Estilo Motivacional de Professores e sobre os recursos de suporte à autonomia dos estudantes foram elaboradas Atividades Didáticas de Resolução de Problemas (ADRP) com a finalidade de propor situações focando na atuação do professor e em como ela pode influenciar o desempenho dos alunos. As atividades são descritas em conjunto com indicações de possíveis estratégias didáticas e recursos de suporte à autonomia organizacional, procedimental e cognitiva. Além das ADRP elaboradas em prol do suporte à autonomia dos estudantes, evidencia-se o desenvolvimento da Escala de Medida do Estilo Motivacional de Professores (EMEMP), instrumento validado que contribui para a caracterização do estilo motivacional de professores conforme as ações pedagógicas atribuídas em situações de sala de aula. Por meio deste material desejamos contribuir com a prática docente e ampliar a compreensão sobre a promoção da motivação autônoma dos estudantes durante as aulas de Física.

**Biblioteca Universitária UDESC:** <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

**Publicação Associada:** Relações entre o Estilo Motivacional de Professores e os Recursos de Suporte à Autonomia dos Estudantes em Aulas de Física

**URL:** <http://www.udesc.br/cct/ppgecmt>

Arquivo	*Descrição	Formato
Registrar tamanho,ex. 6.720kb	Texto completo	Adobe PDF

Este item está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual CC BY-NC-SA



# ATIVIDADES DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS

---

Uma Prática Promotora do  
Suporte à Autonomia dos  
Estudantes em Aulas de Física

---

Autora: Ana Maria Bojarski  
Orientadora: Ivani T. Lawall  
Coorientador: Luiz Clement

# APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a)

Este Produto Educacional é derivado de um trabalho de dissertação de mestrado vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias - PPGECMT, da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Nele são apresentados a Escala de Medida de Estilo Motivacional de Professores (EMEMP), instrumento com objetivo de aferir as médias de controle ou de promoção de autonomia dos professores com base em suas ações pedagógicas, e um guia de atividades baseadas em uma perspectiva didático-metodológica mais dinâmica, com a finalidade de propor situações focando na atuação do professor e em como ela pode influenciar o desempenho dos alunos, além de buscar promover recursos de suporte à autonomia dos estudantes.

Este guia de atividades foi desenvolvido para ser utilizado por professores de Física da Educação Básica, podendo ser adaptado conforme o nível de ensino. O objetivo principal é evidenciar os recursos de suporte à autonomia dos estudantes por meio de Atividades Didáticas de Resolução de Problemas (ADRP) para turmas da primeira série do Ensino Médio.

Nos capítulos adiante são apresentados os referenciais teóricos que dão sustentação ao trabalho, sobre o estilo motivacional de professores, os recursos de suporte à autonomia, a perspectiva investigativa e a resolução de problemas. Depois, as atividades elaboradas são descritas em conjunto com indicações de possíveis estratégias didáticas, a fim de fomentar os recursos de suporte à autonomia dos estudantes e, ao final deste documento, apresenta-se a escala desenvolvida e validada para sua replicabilidade.

Desejamos que esse material possa contribuir com sua prática docente e que possa ampliar seu entendimento sobre a promoção da motivação autônoma dos estudantes durante as aulas de Física.

Os Autores!

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Itens da EMEMP .....	7
Quadro 2 - Estratégias associadas aos diferentes recursos de suporte a autonomia. ....	8
Quadro 3 - Delineamento das Atividades Didáticas de Resolução de Problemas.....	12

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama das forças envolvidas.....	14
Figura 2 - Visualização da ADRP-2.....	18
Figura 3 - Roda Gigante - ADRP-3 .....	21
Figura 4 - Aerodinâmica do carro Hatch e Sedan.....	26
Figura 5 - Etapas do movimento .....	28
Figura 6 - Diagrama de Corpo Livre.....	30
Figura 7 - Esquema da ADRP-7.....	35
Figura 8 - Simulação Computacional .....	38

# SUMÁRIO

---

ESTILO MOTIVACIONAL DOS PROFESSORES .....	6
RECURSOS DE SUPORTE À AUTONOMIA .....	8
O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO .....	9
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	11
ADRP-1: BARQUINHO .....	13
ADRP-2: ALTURA MÁXIMA .....	17
ADRP-3: RODA GIGANTE .....	21
ADRP-4: AERODINÂMICA .....	24
ADRP-5: SALTO DE <i>BUNGEE JUMP</i> .....	27
ADRP-6: ACIDENTE DE TRÂNSITO .....	32
ADRP-7: PROBLEMA DOS ASTRONAUTAS .....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
APÊNDICE I .....	40

## ESTILO MOTIVACIONAL DOS PROFESSORES

---

A motivação humana é um fenômeno interno dos seres humanos, por isso, sua explicação e manifestação advém de diferentes teorias. Com base em Deci *et al.* (1981), é apresentada a Teoria da Autodeterminação. Essa teoria aponta a existência de três Necessidades Psicológicas Básicas, as quais mostram-se inerentes a todo ser humano. Conforme o constructo, essas necessidades (autonomia, competência e pertencimento) são essenciais para o desenvolvimento do ser, mas para que sejam percebidas dependem das condições do ambiente, o qual pode inibi-las ou fortalecê-las.

Por exemplo, a necessidade de autonomia indica o desejo do indivíduo de adentrar em um ambiente que seja possível fazer escolhas próprias; a competência estabelece a necessidade de ser efetivo nas ações que são realizadas; por fim, ao estabelecer vínculos com outros indivíduos é possível satisfazer a necessidade de pertencimento. No ambiente de ensino, diferentes professores terão sua maneira de proporcionar o suporte à autonomia dos estudantes, seja com estímulos intrínsecos ou extrínsecos.

Portanto, a profissão docente é moldada ao longo dos anos de atuação e pode ser caracterizada dentro do chamado Estilo Motivacional de Professores (EMP). Este constructo é compreendido diante de um *continuum* variando entre: Altamente Controlador (AC); Moderado Controlador (MC); Moderado Promotor de Autonomia (MA); e Altamente Promotor de Autonomia (AA).

Em geral, um professor com características de controle (AC ou MC) desconsidera o ponto de vista do aluno ou até mesmo o impede de expô-lo. O controle também pode ser caracterizado quando o professor cria motivos externos para que o aluno cumpra ações, como a imposição de prazos ou no sentido de evitar coisas negativas, como culpa ou vergonha.

Caso o professor realize ações que tendem a promover autonomia (AA ou MA), oferecerá valores significativos às ações propostas em sala de aula, as quais poderão envolver os alunos, respeitando o ritmo de aprendizagem de cada um (Reeve, 2006; Guimarães *et al.*, 2003; Guimarães; Boruchovitch, 2004; Machado *et al.*, 2012; Clement, 2013; Clement; Custódio; Alves Filho, 2015; Bojarski, *et al.*, 2019). Tal característica irá se manifestar, principalmente, nas interações com os estudantes no



ambiente de ensino e, irão ser definidas com base nas crenças e na personalidade do professor em relação às estratégias didáticas adotadas (Deci *et al.*, 1981; Reeve, 1998; Reeve; Bolt; Yi Cai, 1999).

A fim de obter padrões mais concretos sobre o EMP foi elaborada a Escala de Medida de Estilo Motivacional de Professores (EMEMP). Tal instrumento passou por verificações estatísticas, demonstrando validade e fidedignidade interna. A partir da EMEMP é possível agrupar os professores que possuem uma tendência maior de controle ou de promoção de autonomia, de acordo com sua atuação profissional docente.

Em sua versão final, a escala apresenta uma afirmativa relacionada ao comportamento dos professores em sala de aula: **"Diante das demandas de meus alunos nas aulas e de minhas ações em sala pode-se afirmar que..."**, seguido de 28 itens, os quais indicam ações ao professor e estão relacionados aos tipos de EMP, como sugerido pelo constructo. A fim de que estes resultados possam contribuir com o aperfeiçoamento e o avanço no contexto escolar, a EMEMP encontra-se no Apêndice I deste Produto Educacional. Para tornar possível a sua replicabilidade segue abaixo, no Quadro 1, a indicação dos itens conforme o Estilo Motivacional retratado.

Quadro 1 - Itens da EMEMP

EMP	Itens
AA/MA	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 13, 15, 18, 19, 21, 24, 26, 28
AC/MC	4, 6, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 25, 27

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## RECURSOS DE SUPORTE À AUTONOMIA

Considerando que as ações pedagógicas dos professores refletem diretamente no aprendizado e na liberdade de escolhas dos estudantes, é possível realizar um entrelaçamento entre o Estilo Motivacional do Professor<sup>1</sup> e os recursos de suporte à autonomia que ele promove aos seus alunos. A fim de classificar tais estratégias, a partir do trabalho de Stefanou *et al.* (2004), são descritos três tipos de recursos, conforme o Quadro 2, sendo eles: suporte à autonomia organizacional, procedimental e cognitiva. Portanto, ao descrever as ADRP elaboradas, é dada ênfase para possíveis recursos de suporte à autonomia que poderão ser admitidos, conforme o momento ou etapa de cada atividade.

Quadro 2 - Estratégias associadas aos diferentes recursos de suporte a autonomia.

Categorias	Descrições e Estratégias Associadas
Suporte de Autonomia Organizacional	Oferecer oportunidades ao estudante para gerir e organizar o ambiente de aprendizagem. Por exemplo, permitindo que escolha os membros do grupo de trabalho; organize a disposição das carteiras; assuma responsabilidade com datas de entrega de tarefas; participe da elaboração e implementação de escolhas e regras de trabalho; escolha o processo de avaliação.
Suporte de Autonomia Procedimental	Propiciar aos estudantes escolhas para organizar, desenvolver e apresentar suas ideias/conhecimentos. Por exemplo: participar da definição e escolha de materiais para utilizar em projetos desenvolvidos nas aulas; manipular materiais; escolher formas para demonstrar competências; discutir suas ideias/desejos.
Suporte de Autonomia Cognitivo	Proporcionar aos estudantes autoria no seu processo de aprendizagem e permitir que possam avaliar o trabalho sob parâmetros de autorreferência. Por exemplo: elaborar e discutir múltiplas estratégias e soluções; justificar soluções visando o compartilhamento de conhecimentos; debater ideias livremente; trabalhar com tempo suficiente para tomar decisões; reavaliar erros; receber <i>feedback</i> ; ter menos tempo de professor falando e mais tempo de professor ouvindo; fazer perguntas; solucionar problemas de forma independente.

Fonte: Clement (2013).

<sup>1</sup> Mais informações sobre o Estilo Motivacional dos Professores e os recursos de suporte à autonomia são tratados no trabalho de dissertação.

## O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

---

Até a década de 30 o Ensino de Ciências (EC) era tido como um processo diretivo, ou seja, uma troca de conhecimento no qual o professor era o detentor das informações e o aluno considerado como um “banco de dados” que deveria receber tal conhecimento com uma postura passiva, sem muitos questionamentos. Após algumas reformas curriculares norte-americanas, a partir da década de 50, o EC passou a se opor a esse formato de ensino diretivo, propondo uma perspectiva alinhada com a construção do conhecimento científico, o EI (Rodrigues; Borges, 2008; Andrade, 2011; Zompero; Laburú, 2011).

Mesmo com diferentes entendimentos e interpretações sobre essa perspectiva por diversos autores, como retratado por Abd-el-khalick *et al.* (2004), ainda é possível salientar características comuns para o EI como a situação-problema que deve ser o foco da investigação, sendo retomada ao longo do processo, o entendimento dos alunos como membros ativos da construção do conhecimento e o docente com o papel de mediar as interações, realizando provocações e sugerindo novas informações a serem comparadas com o conhecimento que os alunos já possuem.

Conforme aponta Clement (2004), ao passo que o aluno é visto como um integrante mais ativo, o papel do professor não deixa de ser importante, ao invés disso, ele atua como um mediador do processo. Ao desenvolver atividades investigativas, o docente deve assumir uma postura pedagógica diferente, sem fornecer informações diretamente. Sugere-se que os alunos sejam divididos em pequenos grupos e, dessa forma, o professor poderá acompanhar o desenvolvimento e auxiliar as equipes.

Nesta mesma linha, a proposta de García e García (2000), um dos principais referenciais teóricos deste trabalho, traz uma interpretação do EI como uma perspectiva didática-metodológica. Ou seja, tal perspectiva é tida como um princípio didático que reconhece atitudes de exploração, da relevância das interações sociais, buscando promover a autonomia e a criatividade dos alunos. E, conseqüentemente a isso, é tido como uma metodologia didática investigativa que tem como propósito desenvolver habilidades de reflexão, argumentação, sugestão de ideias e troca de informações aos estudantes. Para tanto, é necessário que exista uma sequenciação de atividades a fim de amparar o processo, dividida em três momentos:

1. Atividades de identificação, formulação, apropriação e/ou reconhecimento da situação-problema;
2. Atividades para o desenvolvimento de uma solução para a situação-problema de forma a gerar hipóteses e propor confronto entre as concepções dos alunos e das fontes de pesquisa;
3. Atividades que facilitam o processo de recapitulação das ações realizadas no estudo, para elaborar conclusões mais gerais e expor os resultados alcançados.

O primeiro momento busca oferecer ao aluno atividades em que seja possível que ele procure entender a situação-problema, se interessar e explorar seus conhecimentos prévios a fim de traçar planos de ação para o processo investigativo. As atividades propostas nessa etapa devem chamar a atenção dos estudantes, a partir do contato com a realidade e/ou a proposição de novos problemas, oferecendo não apenas aplicações mecânicas, mas sendo viáveis para a investigação.

Sobre o segundo momento, trata das concepções que os alunos já possuem e a interação delas com as novas informações, advindas do processo investigativo. Para García e García (2000) essas concepções são resistentes à mudança e aptas para influenciar a aprendizagem dos alunos. Por isso, neste momento o professor detém a tarefa de tentar compreender essas concepções pré-existentes dos estudantes, promovendo atividades como entrevistas ou questionários para que os alunos exponham suas ideias sobre a situação-problema, e assim abordá-las em comparação com as informações científicas advindas da investigação. Ou seja, corroborar em uma possível reestruturação cognitiva e uma aprendizagem mais significativa. A elaboração de hipóteses pelos alunos é um processo natural da investigação e se resume na busca por respostas à situação-problema, postura que pode facilitar a construção de um plano de ação.

No terceiro momento o objetivo é fazer com que os alunos expressem as ações realizadas durante o processo de investigação e, através disso, possam utilizar argumentos capazes de explicar a reestruturação cognitiva que ocorreu entre as concepções prévias e as novas informações. Nesta etapa, atividades que priorizem a fala e a escrita poderão ser admitidas a fim de que o aluno consiga expressar suas ações e fazer com que seus colegas de classe também entendam os procedimentos adotados.

# RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

---

Com a intenção de fugir do operativismo enraizado no Ensino de Ciências, Gil Perez *et al.* (1992) propõem um modelo de resolução de problemas baseado em uma visão construtivista, detalhados no trabalho de Clement (2004), os quais são:

- **Análise Qualitativa do Problema:** Realizar uma análise qualitativa antes de qualquer planejamento quantitativo é fundamental para a compreensão da situação-problema.
- **Emissão de Hipóteses:** São as hipóteses que determinam o que deve ser considerado como “dados” necessários para sua solução.
- **Elaboração de Estratégia(s) de Resolução:** A elaboração de estratégias de resolução supõe a explicitação de uma visão global do problema, ou seja, a sua elaboração não derivará unicamente dos princípios teóricos, mas também, da análise qualitativa e das hipóteses emitidas, bem como, da experiência e dos conhecimentos particulares.
- **Aplicação da(s) Estratégia(s) de Resolução:** A solução é buscada de acordo com a estratégia estabelecida na etapa anterior, chegando-se assim a um “resultado”, ou seja, a uma das respostas possíveis para a situação-problema em questão.
- **Análise do(s) Resultado(s):** Tem por objetivo contrastar e verificar as hipóteses emitidas, permitindo averiguar até que ponto a avaliação qualitativa da situação estava correta e/ou a estratégia seguida era adequada.
- **Elaboração de Síntese Explicativa:** Espera-se que os alunos façam uma recapitulação dos aspectos mais importantes da resolução praticada. Também se espera que sinalizem novas situações-problema que possam surgir a partir do estudo investigativo realizado ou que sejam de seu interesse.

Devido à proximidade entre a Resolução de Problemas Abertos com a perspectiva investigativa, as ADRP elaboradas seguiram os momentos indicados por Garcia e Garcia (2000), agregando considerações importantes dos estudos de Gil Perez *et al.* (1998) e Clement (2004). As atividades, ilustradas no Quadro 3 abaixo, são descritas adiante e foram pensadas para serem implementadas entre duas e quatro horas/aula. Os temas e/ou conceitos trabalhados em cada ADRP também são enfatizados no quadro, porém, devido à tipologia das atividades serem de Resolução de Problemas Abertos, eles são apenas uma possibilidade de resolução.

Quadro 3 - Delineamento das Atividades Didáticas de Resolução de Problemas.

ADRP	1	2	3	4	5	6	7
Momentos	Barquinho	Altura Máxima	Roda Gigante	Aerodinâmica	Salto de <i>Bungee Jump</i>	Acidente de Trânsito	Problema dos Astronautas
1º	Demonstração do barquinho; Interpretação do problema; Forças;	Discussão sobre as características do fenômeno; Equações do movimento/ Conservação de Energia	Movimento Circular;	Forças, Potência do motor, rendimento da máquina;	Forças/Conservação de Energia	Colisões/Energia Mecânica Dissipada/ Potência elétrica;	Discussão sobre os diferentes momentos do contexto; Colisões/Conservação de momento linear;
2º	Análise de forças envolvidas no sistema em diferentes situações;	Hipóteses de resolução para o cálculo da altura máxima; Sugestão de valores para as variáveis;	Análise do movimento; Cálculo do período; Sugestão de valores para as variáveis;	Análise das características de aerodinâmica; Hipóteses de resolução para o cálculo do rendimento;	Análise do movimento vertical; Cálculo da massa limite; Sugestão de valores para as variáveis;	Hipóteses para o cálculo da energia dissipada e do tempo que a lâmpada fica acesa;	Reflexões sobre as características envolvidas, antes e após a colisão; Definição do tipo de colisão; Cálculo da velocidade a partir da conservação de momento linear;
3º	Simulação computacional pode ser usada como forma de aplicação;	Discussão dos resultados com a turma.	Reflexão sobre parâmetros reais;	Influências da aerodinâmica para o consumo de automóveis.	Discussão sobre as influências do movimento real.	Exposição das estratégias de resolução e das sugestões de valores indicados;	Simulação computacional para visualizar as propriedades do problema e refletir sobre os resultados alcançados;

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

# ADRP-1: BARQUINHO

**Resumo:** Está atividade permeia o entendimento das três leis de Newton. Tem como objetivo principal promover e corroborar com a identificação das forças que agem no sistema apresentado e com reflexões sobre a compreensão do movimento em diferentes situações.

## Objetivos de Aprendizagem

Definir o estado do objeto (repouso ou movimento) e quais fatores interferem nisso;

Identificar as forças que agem no objeto em diferentes situações;

Elaborar hipóteses de explicação para o movimento de acordo com as leis de Newton;

Analisar os resultados obtidos com outras equipes.

## MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Um menino ganha um barquinho de brinquedo de “dar corda”, tendo como sistema motor um tipo de hélice. Ao brincar por alguns minutos o menino se faz certos questionamentos: Por que o barquinho não afunda? O que causa o movimento do barquinho? Ajude o menino a solucionar tais questões e ilustre as forças que agem sobre o brinquedo*

### Suporte Organizacional

- Permitir que os alunos —
- indiquem os integrantes do —
- grupo de trabalho, escolha a —
- disposição das carteiras e —
- determine a função de cada —
- membro da equipe.

**Dinâmica:** O professor deve apresentar a situação-problema aos alunos de forma que eles consigam compreender o que se pede e interpretar o movimento. Uma demonstração do sistema também pode ser feita.

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

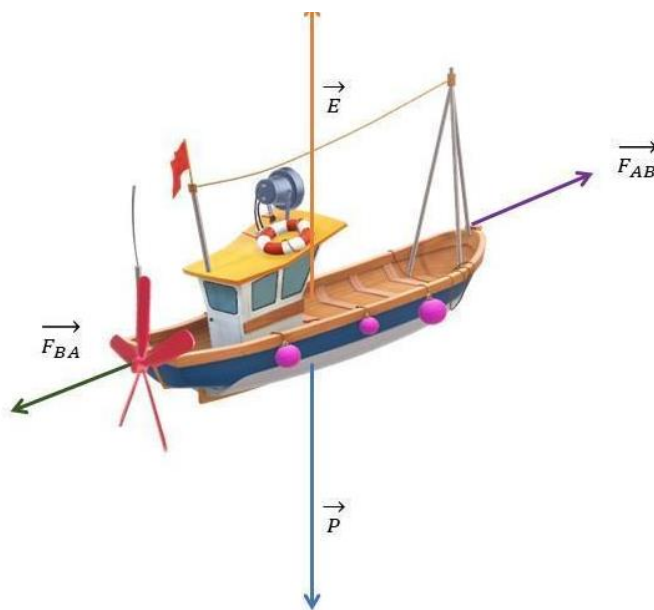
**Dinâmica:** Esta etapa corresponde ao levantamento de ideias para encontrar uma solução para a situação-problema. As equipes poderão estar compostas por até quatro integrantes os quais terão acesso à demonstração do barquinho. O objetivo aqui é que eles sejam ativos no processo de construção do conhecimento, tendo liberdade de testar os objetos e expor suas ideias. Deste modo, uma das estratégias é levantar hipóteses, com base nas três leis de Newton, para explicar o movimento do barquinho em diferentes situações.

### Suporte Procedimental

Dispor a sala de aula em forma de "U", dando mais visibilidade aos estudantes e proporcionando um ambiente em que todos possam contribuir com ideias e manipular os materiais em frente a sala.

Uma das estratégias que pode ser adotada para o levantamento de hipóteses é ter como base as três leis de Newton e o diagrama de forças para explicar o movimento do barquinho em diferentes direções, conforme Figura 1.

Figura 1 - Diagrama das forças envolvidas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).



Dentre os questionamentos da situação-problema está a pergunta: *Por que o barquinho não afunda?* Esta questão pode direcionar para uma análise de forças na direção vertical do sistema. Neste caso, sabemos que o barquinho se encontra em repouso e, de acordo com a primeira lei de Newton, ele deverá permanecer nesse estado até que haja uma força resultante capaz de superar sua inércia. Além disso, para manter o equilíbrio na direção vertical é possível dizer que a força peso ( $\vec{P}$ ) proveniente da ação da gravidade sobre o barco está sendo “anulada” pela força de empuxo ( $\vec{E}$ ), proveniente da imersão do barco na água.

Outro questionamento foi: *O que causa o movimento do barquinho?* Dando ênfase para a direção horizontal desta vez, devido a aplicação de uma força resultante sobre o objeto, caso ela seja suficiente para fazê-lo entrar em movimento, ele sofrerá a ação dela e conseqüentemente irá ter uma velocidade associada ao movimento na mesma direção da força aplicada. Conforme a segunda lei de Newton, quanto maior a força aplicada, mais acelerado o barquinho estará. Ou seja, quanto maior a velocidade de rotação da hélice, maior a massa de água deslocada e, conseqüentemente, maior vai ser a aceleração do barquinho.

Para análise das forças de ação e reação é preciso compreender onde elas estão sendo aplicadas. A hélice, acoplada ao barquinho, irá “empurrar” uma massa de água para a direção contrária ao movimento e, como consequência da terceira lei de Newton, haverá uma força de reação no barquinho. Ou seja, a hélice aplica uma força na água ( $\vec{F}_{BA}$ ) e o conjunto hélice/barquinho sofrem uma força ( $\vec{F}_{AB}$ ), de igual intensidade e direção, mas sentidos opostos.

## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

**Dinâmica:** Cada equipe deverá se juntar com outro grupo, defender seus raciocínios e tentar compreender como eles responderam as questões, quais foram os pontos que convergiram e quais os pontos que divergiram. Neste momento o professor poderá participar simultaneamente das discussões a fim de estimular a troca de ideias e promover diálogos. Outra opção seria trazer uma simulação computacional para que os alunos consigam explorar as situações discutidas e visualizar o movimento com a indicação de vetores de força e velocidade.

### Suporte Cognitivo

Permitir que os estudantes possam compartilhar suas estratégias de resolução com as demais equipes, disponibilizando tempo e reavaliando erros.  
A oferta de feedback positivo é um recurso importante nesta etapa.

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-1

[1] Simulação Computacional - Phet Colorado - [https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_pt_BR.html)

[2] GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física** Vol. 1.-São Paulo, Ed. Moderna, 2016, p.103.

[3] DIAS, Penha Maria Cardoso.  $F = ma$ ?!! O nascimento da lei dinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, p. 205-234, 2006.

[4] MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Leituras de Física-GREF-Para Ver, fazer e pensar. **São Paulo: IFUSP**, 1998, p. 41- 80. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>> Acesso: 16 de maio de 2023.

## ADRP-2: ALTURA MÁXIMA

**Resumo:** Esta atividade apresenta uma situação-problema envolvendo movimento vertical e possibilitando uma diversidade de estratégias de resolução, podendo explorar o estudo do movimento em uma dimensão e/ou conservação de energia mecânica.

### Objetivos de Aprendizagem

Distinguir as características físicas entre diferentes etapas do movimento;

Refletir sobre as características do fenômeno;

Elaborar hipóteses de resolução para o cálculo da altura máxima;

Analisar os resultados obtidos e as variáveis que influenciam o movimento.

### MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Chuta-se uma bola verticalmente para cima. Qual será a altura máxima atingida?* [1]

**Dinâmica:** O professor deve apresentar a situação-problema aos alunos de forma que eles consigam compreender o que se pede e interpretar o movimento. As discussões iniciais podem corroborar para o entendimento do contexto do problema e ainda explorar caminhos que poderão levar a uma estratégia de resolução.

#### Suporte Organizacional

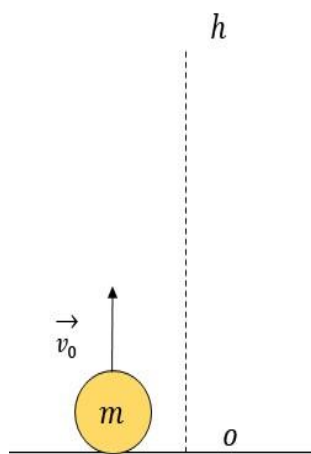
Permitir que os alunos indiquem os integrantes do grupo de trabalho, escolha a disposição das carteiras e determine a função de cada membro da equipe.

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

**Dinâmica:** Esta etapa corresponde ao levantamento de ideias para encontrar uma solução para a situação-problema. Como discutido no trabalho de Clement e Terrazzan (2011), este problema pode ser resolvido por diferentes estratégias, como, por exemplo, conservação de energia mecânica ou com uso das equações do movimento uniformemente variado, conforme Figura 2.

Figura 2 - Visualização da ADRP-2



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### Suporte Procedimental

O professor pode incentivar os alunos a reproduzirem o movimento utilizando outros materiais de sua escolha, a fim de visualizar melhor o fenômeno e garantir o entendimento da situação-problema

Ao optar pela resolução a partir de conservação de energia mecânica, temos que:

$$\sum E_{M_0} = \sum E_{M_f}$$

$$E_{P_0} + E_{C_0} = E_{P_f} + E_{C_f}$$

$$mgh_0 + \frac{m \cdot v_0^2}{2} = mgh + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Sabemos, neste caso, que a altura inicial ( $h_0$ ) é zero, de acordo com o referencial adotado na Figura 2, e que a velocidade final ( $v$ ) também é nula, pois quando a bola chega na altura máxima, ela para. Então:

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

Da mesma forma, ao utilizar a Equação de Torricelli podemos ver que:

$$v^2 = -v_0^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta s$$

O sinal negativo da velocidade inicial ( $v_0$ ) indica que o movimento é contrário ao referencial adotado e a variação da posição ( $\Delta s$ ) corresponde à altura máxima ( $h$ ). Sendo assim:

$$0 = -v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$$

$$v_0^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

Resultando a mesma relação obtida com a conservação de energia mecânica. Ou seja, a altura máxima dependerá apenas da velocidade inicial com a qual a bola é chutada e da aceleração da gravidade, com valor constante de  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

### Suporte Cognitivo

Mesmo que os estudantes demonstrem dificuldade em relacionar as grandezas de forma coerente, é importante que o professor transpareça confiança na capacidade deles em solucionar o problema de maneira autônoma, debatendo as ideias e disponibilizando o tempo necessário.

## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

**Dinâmica:** Cada equipe terá disponibilidade de apresentar suas hipóteses e discutir com outros grupos os resultados alcançados. O professor poderá neste momento, indicar aspectos que influenciam no fenômeno analisado.

Ao propiciar que os alunos disponham as carteiras e decidam uma ordem de discussão, é possível promover um **suporte à autonomia organizacional**.

A discussão de ideais e desejos também prospera o **suporte à autonomia procedimental**.

Por fim, o **suporte à autonomia cognitiva** deve partir da exposição das estratégias adotadas pelas equipes e pela oferta de *feedback* positivo.

---

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-2

[1] Atividade retirada de CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Atividades didáticas de resolução de problemas e o ensino de conteúdos procedimentais. Revista electrónica de investigación en educación en ciencias, v. 6, n. 1, p. 87-101, 2011.

[2] MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Leituras de Física-GREF-Para Ver, fazer e pensar. São Paulo: IFUSP, 1998, p. 81- 104. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>> Acesso: 16 de maio de 2023.

---

## ADRP-3: RODA GIGANTE

**Resumo:** A proposta aqui apresentada permeia o conceito de movimento circular. O objetivo é trazer reflexões sobre relações entre a duração do brinquedo da roda gigante e características do movimento como segmentos de circunferência, deslocamento, velocidade de rotação e período.

### Objetivos de Aprendizagem

Distinguir as características físicas do movimento circular;

Refletir sobre as relações matemáticas entre as características do movimento;

Elaborar hipóteses de resolução com base em informações próximas da realidade;

Analisar os resultados obtidos com as demais equipes.

### MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Sarah ama passar o tempo com seu namorado, então decide levar ele para passar um dia em parque. Contudo, o rapaz morre de medo dos brinquedos radicais, ela então o acompanha no passeio da roda gigante mesmo que não goste. Quanto tempo ela ficará neste brinquedo? Ver Figura 3.*

Figura 3 - Roda Gigante - ADRP-3



Fonte: [Site do Beto Carrero Word](#) (2023).

**Dinâmica:** Ao passo que o professor explica a situação aos alunos é possível realizar questionamentos como: “Qual seria a altura da roda gigante? Quantos assentos ela possui? Qual seria a sua velocidade?”. O ideal nesta etapa é, respeitando o tempo de cada estudante, garantir que a situação-problema seja compreendida pela maioria, a fim de que se torne interessante para eles resolver o problema.

### Suporte Procedimental

Há várias maneiras de resolver este problema. Portanto, deve partir dos estudantes quais as informações necessárias para chegar em uma possível solução.

O papel do professor, neste caso, consiste em expor as condições do fenômeno e mediar as discussões.

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

**Dinâmica:** Uma sugestão de estratégia de resolução que os alunos poderão adotar é a partir da ideia de que Sarah e seu namorado estão em um parque próxima da região de Joinville, o Beto Carrero World. Com isso indicamos informações importantes como a altura da roda gigante que é de 25 metros, a quantidade de assentos disponíveis, 12 ao todo, a velocidade com que a roda gira, aproximadamente  $0,5 \frac{km}{h}$ , ou  $0,140 \frac{m}{s}$  (constante), sabendo que ela realiza três voltas a cada grupo de pessoas.

A partir do cálculo do período sabemos que o tempo de uma volta será de:

### Suporte Cognitivo

Neste caso, é importante que o professor promova discussões entre os membros das equipes em relação as múltiplas estratégias de solução. Rever o significado das variáveis e os valores atribuídos a cada uma delas a fim de reavaliar possíveis erros.

$$P = \frac{2\pi R}{v}$$

$$P = \frac{2\pi \cdot 12,5}{0,140}$$

$$P = 561 \text{ segundos}$$

Onde R é o raio da circunferência que compreende a roda gigante e v é a velocidade com a qual ela gira.



Entretanto, a roda gigante realiza três voltas completas, ou seja, o tempo total de espera que Sarah terá será:

$$T = 561.3$$

$$T = 1.683 \text{ segundos, ou}$$

$$T = 28\text{min}3\text{s}$$

## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

**Dinâmica:** Os alunos poderão realizar uma apresentação para a turma sobre quais foram os parâmetros considerados e as estratégias de resolução que foram elaboradas. Neste momento, é indicado que o professor dê atenção as explicações dos alunos e os encoraje a confrontar suas proposições com as teorias em estudo, oportunizando assim uma ressignificação de concepções.

O professor pode incentivar que os próprios alunos avaliem seu trabalho em comparação com as estratégias adotadas pelas demais equipes, viabilizando dessa forma uma **ressignificação por pares**.

Neste momento, os estudantes também podem ter **autonomia organizacional** para escolher a disposição da sala de aula e a forma com a qual irão apresentar seus resultados.

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-3

[1] Canal do Youtube - Aula Paraná - Movimento Circular Uniforme: <https://youtu.be/RRTdZIXhW0k>

[2] Adibras - Associação Brasileira de Parques e Atrações <https://www.adibra.com.br/>

[3] FUKUI, A.; MOLINA, M.; VENÊ. **Física**. Coleção Ser Protagonista. Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1, 3a ed. São Paulo: Edições SM, p. 80-103, 2016.

# ADRP-4: AERODINÂMICA

**Resumo:** Está atividade refere-se ao estudo da aerodinâmica, contendo abordagens sobre forças, potência útil e rendimento de uma máquina/motor. Tem como objetivo principal sistematizar a relação entre o formato do objeto, ou seja, sua aerodinâmica, e seu rendimento/consumo energético.

## Objetivos de Aprendizagem

Refletir sobre os formatos mais aerodinâmicos entre os modelos automotivos;

Elaborar hipóteses de resolução da situação-problema enfatizando a potência útil como dependente da resultante das forças de resistência do ar;

Expor suas estratégias de resolução e tentar compreender as estratégias dos colegas.

## MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Uma pessoa, ao comprar um carro, busca por um automóvel que tenha um baixo consumo de combustível.*

**A)** *Levando em consideração a mesma configuração de motor, quais as características poderão corroborar para o baixo consumo?*

**B)** *Após a definição do modelo, considerando a potência útil do veículo e as forças de resistência do ar, como é possível calcular o rendimento do automóvel?*

**Dinâmica:** O professor deve apresentar a situação-problema aos alunos, em duas partes, de forma que eles consigam compreender o que se pede e refletir sobre as concepções e conhecimentos sobre o tema que poderão auxiliar na resolução do problema. Indicações de outras fontes de pesquisa também poderão ser necessárias.

### Suporte Procedimental

Ao enfatizar a situação-problema e a possibilidade de realizar pesquisa, o professor deve facilitar o acesso as fontes de informação, mas deixar com que os estudante decidam quais os meios de busca são mais confiáveis e quais informações são mais pertinentes.

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

**Dinâmica:** Para o levantamento de hipóteses é possível que os estudantes trabalhem em pequenos grupos a fim de compartilharem suas ideias e elaborarem estratégias de resolução em conjunto. Como uma das estratégias de resolução, sabemos que a potência útil de uma máquina pode ser expressa pela variação do torque pelo tempo, e:

### Suporte Organizacional

Ao apresentar as duas questões contempladas na situação-problema, os alunos terão que desenvolver uma forma de resolução, optando pela ordem das questões que irão trabalhar e como irão se organizar para elaborar as estratégias e realizar os testes

$$P_u = \frac{\Delta\tau}{t}$$

$$P_u = \frac{F \cdot x}{t}$$

$$P_u = F \cdot v$$

Onde  $F$  é o módulo da força exercida pelo motor do carro. Caso exista forças de resistência do ar agindo sobre o automóvel haverá uma variável

$R$  representando o módulo dessa resultante, em sentido contrário a  $F$ , ou seja:

$$P_{u'} = (F - R) \cdot v$$

Se utilizarmos essas relações para o cálculo do rendimento de uma máquina/motor, temos que:

$$n = \frac{P_{u'}}{P_u}$$

$$n = \frac{(F - R) \cdot v}{F \cdot v}$$

$$n = \frac{F - R}{F}$$

$$n = 1 - \frac{R}{F}$$

### Suporte Cognitivo

Tendo em vista que tal situação-problema tenha um alto nível de complexidade, o professor poderá mediar as discussões a fim de que os estudantes consigam elaborar e expor suas concepções, sanando as dúvidas e superando as dificuldades.

Diante disso é possível visualizar que, quanto menor for a razão entre a resultante das forças de resistência do ar e a força motriz do carro, maior será o seu rendimento e, conseqüentemente, menos combustível ele irá consumir.

## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

Tempo previsto: 40 minutos

**Dinâmica:** Ao final do levantamento de hipóteses pelas equipes, elas poderão argumentar sobre sua construção de resolução, justificando as estratégias utilizadas. Poderão ocorrer discussões sobre o formato mais aerodinâmico possível e comparações entre os tipos de automóveis com o mesmo motor, porém um automóvel hatch e um sedan (Figura 4).

Figura 4 - Aerodinâmica do carro Hatch e Sedan



Fonte: (RUI, 2006).

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-4

[1] GARCÍA, F.; Por que os sedãs são mais eficientes em consumo de combustível? **Carros IG**. 10 de mai. de 2023. Disponível em: <<https://carros.ig.com.br/2023-05-10/por-que-os-sedas-sao-mais-eficientes-em-consumo-de-combustivel-.html>>

[2] Canal do Youtube - Engenharia Detalhada - O que é AERODINÂMICA? Como a AERODINÂMICA influencia carros e aviões? Como funciona a AERODINÂMICA!: <https://youtu.be/6B3y9GpSCdk>

[3] RUI, L. R. **Uma proposta de introdução de conceitos físicos na 8a. série através do som, e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. 2006. Disponível em: <<https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef004/20031/Laura/paghtml.htm>> acesso em 17 de mai. de 2023.

## ADRP-5: SALTO DE *BUNGEE JUMP*

**Resumo:** Está atividade permeia os conceitos de movimento vertical e conservação de energia mecânica. Tem como objetivo principal caracterizar o movimento do *Bungee Jump* em diferentes etapas e, a partir disso, refletir sobre os tipos de energia envolvidos no sistema. O contexto da situação-problema envolve a busca de critérios para determinar a massa limite que pode ser aplicada à uma corda elástica, sem que essa se rompa.

### Objetivos de Aprendizagem

Distinguir as propriedades do movimento e suas principais características;

Elaborar hipóteses de modelização para o cálculo da massa limite;

Analisar os resultados obtidos e as variáveis que influenciam o movimento.

## MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Flávio é um profissional dos esportes radicais, já realizou diversos voos e saltos, sempre prezando por sua segurança, mas mantendo o espírito aventureiro. Ao estar prestes a realizar o salto de Bungee Jump, ele se encontra com dúvida sobre a segurança do equipamento: a massa de Flávio está dentro do limite que a corda suporta?*

**Dinâmica:** Os alunos poderão expressar suas primeiras ideias para a turma e o professor poderá realizar algumas perguntas que poderão guiar as discussões para a compreensão da situação-problema. Logo após, poderão criar grupos de até quatro integrantes para elaborar hipóteses de resolução.

### Suporte Cognitivo

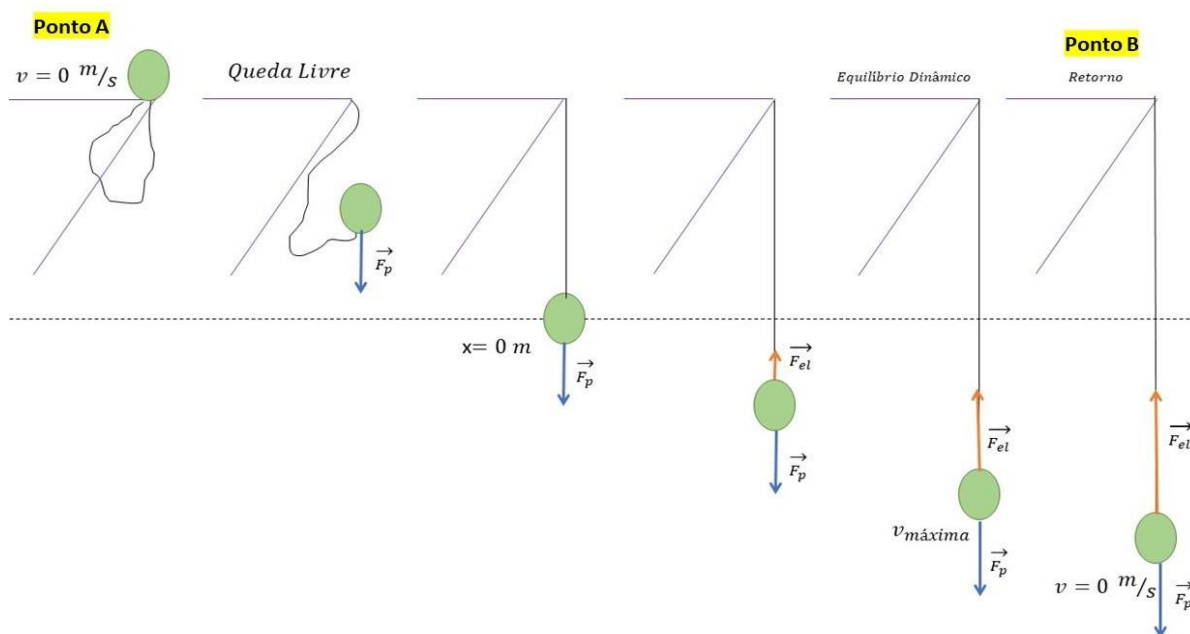
Neste momento é interessante que os estudantes possam discutir livremente suas ideias com a turma a fim de garantir a compreensão da situação-problema

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

Tempo previsto: 30 minutos

**Dinâmica:** Esta etapa corresponde ao levantamento de ideias para encontrar uma solução para a situação-problema e, é importante que o professor encoraje os estudantes para criar soluções de maneira mais autônoma possível. Uma estratégia que pode ser levantada é realizar análises a partir da conservação de energia mecânica, já que estamos considerando um sistema sem efeitos dissipativos. Ao refletir sobre a Figura 5 abaixo, é possível dividir a situação em dois pontos, A e B. O ponto A representa o ponto de partida, e por isso, devido ao repouso, a velocidade inicial é nula. O ponto B representa o momento em que a corda está estirada ao máximo, ou seja, no ponto de retorno, o que indica que a velocidade nesse ponto também é nula.

Figura 5 - Etapas do movimento



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao realizar as formalizações matemáticas envolvidas, podemos indicar que no ponto A haverá apenas a energia potencial gravitacional e, no ponto B, haverá apenas energia potencial elástica. Por isso:

$$\Sigma E_{MA} = \Sigma E_{MB}$$

$$E_{pg} = E_{el}$$

$$m \cdot g \cdot L = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

$$m = \frac{k \cdot x^2}{2 \cdot g \cdot L}$$

### Suporte Procedimental

Caso o professor tenha acesso a sala informatizada, disponibilizar tempo para que os alunos consigam manipular a simulação do movimento de oscilação, podendo dessa forma assumir um papel mais ativo e propor estratégias de solução mais próximas do fenómeno físico estudado

Considerando os dados do problema

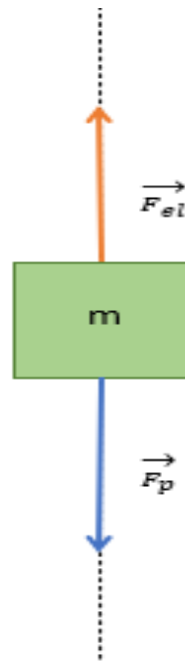
- Massa de Flávio: 80 kg
- Aceleração da gravidade: 10  $\frac{m}{s^2}$
- Comprimento da corda natural: 35 m
- Constante elástica da mola: 400  $\frac{N}{m}$
- Deformação da mola: 200% do comprimento natural da corda (60 m)

$$m = \frac{400 \cdot 60^2}{2 \cdot 10 \cdot 30}$$

$$m = 2.400 \text{ kg}$$

Ou seja, no ponto mais estirado da corda, a massa limite é de aproximadamente 30 vezes a massa de Flávio, o que torna o salto dele seguro. Uma outra estratégia de resolução seria a análise de forças, através de um diagrama de corpo livre, que envolve tanto a força elástica (restauradora, e por isso na direção oposta ao movimento) como a força peso, na direção do movimento, conforme Figura 6.

Figura 6 - Diagrama de Corpo Livre



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

E, devido a segunda lei de Newton, sabemos que a força resultante é conservada, implicando em:

### Suporte Procedimental

Uma estratégia para visualizar melhor o sistema seria a manipulação de um dinamômetro, onde o professor apresenta uma massa presa a uma mola e disponibiliza para que os alunos utilizem o aparato a fim de estudar o fenômeno.

$$\sum F = F_p - F_{el}$$

$$0 = F_p - F_{el}$$

$$F_p = F_{el}$$

$$m \cdot g = k \cdot x$$

$$m = \frac{k \cdot x}{g}$$

Usando os mesmos valores estipulados anteriormente, temos que:

$$m = \frac{400.60}{10}$$

$$m = 2.400 \text{ kg}$$



## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

**Dinâmica:** Cada equipe deverá explicar quais os procedimentos que foram adotados para chegar ao valor massa limite e quais valores foram considerados para diferentes variáveis. Ao final das discussões, poderão ser abordados ainda aspectos que influenciam no movimento, como as forças de resistência do ar.

### Suporte Organizacional

Os alunos de cada equipe poderão organizar uma apresentação para a turma, abordando as estratégias utilizadas, os valores atribuídos, as justificativas e as possíveis limitações.

---

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-5

[1] ROSSINI, Marcos Roberto et al. Estudo da influência do ar no movimento de queda dos corpos: uma comparação entre a previsão teórica e os dados experimentais usando o Tracker. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2020.

[2] Canal do Youtube - Canal USP - Conservação de Energia.  
<https://youtu.be/7Ng5TN1rTko>

---

# ADRP-6: ACIDENTE DE TRÂNSITO

**Resumo:** Esta atividade permeia os conceitos de colisões e conservação de energia mecânica. Tem como objetivo principal contextualizar uma colisão frontal entre dois automóveis e refletir sobre as consequências dessa colisão.

## Objetivos de Aprendizagem

Compreender os tipos de colisão;

Analisar as consequências de uma colisão de acordo com as características do fenômeno;

Indicar possíveis estratégias de resolução para o cálculo da energia dissipada;

Refletir sobre os resultados alcançados em diferentes contextos.

## MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

Tempo previsto: 15 minutos

### Suporte Organizacional

Os alunos poderão formar equipes de até quatro integrantes e direcionar funções para cada um, conforme as preferências do grupo e as demandas da atividade

**Situação-problema:** *Estime a energia cinética dissipada na colisão frontal de dois automóveis populares que se deslocavam em sentidos contrários na velocidade máxima permitida em autoestradas brasileiras. Se toda energia dissipada na colisão pudesse ser utilizada para manter uma lâmpada comum, por quanto tempo ela permaneceria acesa?*

**Dinâmica:** O professor deve apresentar a situação-problema aos alunos de forma que eles consigam compreender o que se pede e interpretar o movimento. Algumas questões que podem guiar a discussão são:

- *Como podemos calcular a energia cinética final do sistema, após a colisão?*
- *Qual será a energia cinética inicial? O que ela representa?*
- *Existe uma relação entre energia e potência? Qual?.*

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

**Dinâmica:** Para a elaboração de estratégias de resolução é possível que os alunos realizem estimativas para as massas (entre 900 kg e 2000 kg) e as velocidades (80 km/h e 100 km/h) dos automóveis. Com isso, sabendo que a energia cinética dissipada é a diferença entre a energia cinética antes da colisão e após a colisão, podemos dizer que:

### Suporte Cognitivo

- O professor deve disponibilizar tempo suficiente para que os integrantes de cada equipe possam discutir sobre a situação-problema e sobre as perguntas de mediação a fim de compreenderem a problemática e formularem seus argumentos.

$$E_{dissipada} = E_{CinéticaInicial} - E_{CinéticaFinal}$$

$$E_{dissipada} = (E_{carro_1} + E_{carro_2}) - [(m_1 + m_2) \cdot v_f]$$

Como indicado no trabalho de Oliveira (2018), uma das possíveis estratégias é considerar a mesma massa e a mesma velocidade para os dois automóveis, e por isso, após a colisão não haveria energia cinética associada.

$$E_{dissipada} = (E_{carro_1} + E_{carro_2})$$

$$E_{dissipada} = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_{dissipada} = m \cdot v^2$$

Se a massa dos automóveis for aproximadamente 1500 kg e a velocidade foi 120 km/h (33,3 m/s), teremos:

$$E_{dissipada} = 1500 \cdot 33,3^2$$

$$E_{dissipada} = 1.663.335 \text{ J}$$

Ao relacionar essa energia para acender uma lâmpada de 100 W, o tempo que ela ficará ligada será:

$$P = \frac{E_{dissipada}}{t}$$

$$t = \frac{E_{dissipada}}{P}$$

$$t = \frac{1.663.335}{100}$$

$$t = 16.633,35 \text{ segundos}$$

Ou,

$$t = 4 \text{ horas } 37 \text{ minutos e } 12 \text{ segundos}$$

Os alunos poderão administrar as apresentações, indicando a ordem e o tempo de fala para cada equipe, além de diferentes meios de exposição das ideias.

Este processo é representado pela autoria dos estudantes sobre suas ações, permitindo-lhes uma autoavaliação. Por fim, o *feedback* positivo do professor corrobora ainda mais com o suporte à sua autonomia.

### MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

**Dinâmica:** Os alunos, neste momento, poderão realizar uma apresentação para a turma sobre quais foram os parâmetros considerados e as estratégias de resolução que foram elaboradas.

#### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-6

[1] Atividade retirada de OLIVEIRA, Vagner. Resolução de problemas abertos para aprendizagem de Física no Ensino Médio na perspectiva da Modelagem Didático-Científica. 2018.

[2] FUKUI, A.; MOLINA, M.; VENÊ. **Física**. Coleção Ser Protagonista. Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1, 3a ed. São Paulo: Edições SM, p. 142-159, 2016

[3] Phet Colorado - Laboratório de Colisões - [https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab_all.html?locale=pt_BR)

[4] Phet Colorado - Circuito Elétrico - [https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab\\_all.html?locale=pt\\_B](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_all.html?locale=pt_B)

[5] Grupo de Reelaboração de Ensino de Física (GREF) - Eletromagnetismo - <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro1.pdf>  
<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro2.pdf>

# ADRP-7: PROBLEMA DOS ASTRONAUTAS

**Resumo:** A proposta desta atividade compreende os conceitos de conservação de momento linear e colisões perfeitamente elásticas. Tem como objetivo propor uma situação-problema capaz de refletir sobre os tipos de colisões e os momentos de análise, antes e após. Ao final da atividade é proposto o uso de simulação computacional com intuito de visualizar os fenômenos e os possíveis parâmetros.

## Objetivos de Aprendizagem

Distinguir os diferentes tipos de colisões e suas características;

Refletir sobre a conservação de momento linear antes e depois da colisão

Elaborar hipóteses de resolução a fim de indicar uma forma de indicar a velocidade após a colisão;

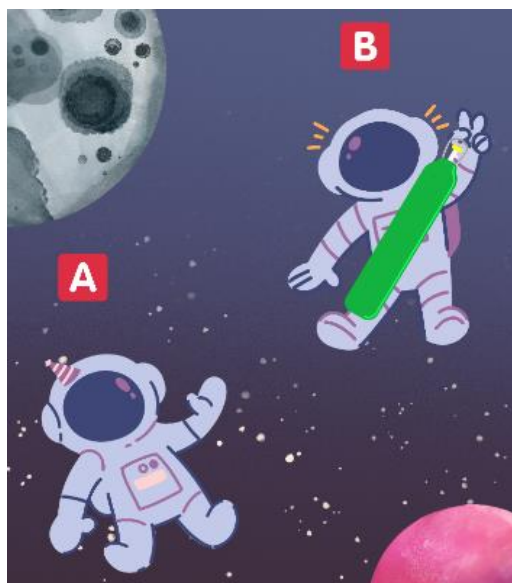
Analisar os resultados obtidos e as variáveis que influenciam o movimento a partir de uma simulação computacional.

## MOMENTO 1: COMPREENDENDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA

**Tempo previsto:** 15 minutos

**Situação-problema:** *Dois astronautas (A e B) encontram-se livres na parte externa de uma estação espacial. O astronauta A está segurando um recipiente de combustível e o lança para o astronauta B. Qual será a velocidade do astronauta B, conforme a Figura 7, após agarrar o recipiente de combustível?*

Figura 7 - Esquema da ADRP-7



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Dinâmica:** Para que os alunos consigam compreender e se interessar pelo problema proposto, o professor poderá realizar questionamentos para fomentar as discussões, como, por exemplo:

- *Como era a situação antes da colisão entre o recipiente de combustível e o astronauta B?*
- *O que ocorre logo após a colisão?*
- *Em relação a energia cinética, o que podemos afirmar?*
- *E em relação ao momento linear?*
- *Qual grandeza física é conservada nessa situação?*

### Suporte Procedimental

Neste momento, durante as perguntas do professor, é importante que os estudantes se sintam à vontade para expor suas ideias e seus conhecimentos prévios livremente a fim de se apropriar da problemática e desenvolver possíveis planos de ação.

## MOMENTO 2: ELABORANDO HIPÓTESES DE RESOLUÇÃO

**Tempo previsto:** 30 minutos

**Dinâmica:** Devido a colisão entre o recipiente de combustível e o astronauta B ser uma colisão perfeitamente elástica, ou seja, os dois corpos, após a colisão, saem juntos, existe a perda máxima da energia cinética e, por não existir forças externas no sistema, apenas o momento linear (também chamado de quantidade de movimento) é conservado.

Nesse caso, é possível expressar a relação de conservação de momento linear de forma que:

$$Q_i = Q_f$$

$$Q_{\text{Astronauta B}} + Q_{\text{Recipiente do Combustível}} = Q_f$$

$$m_{\text{Ast. B}} \cdot v_{\text{Ast. B}} + m_{\text{Recipiente}} \cdot v_{\text{Recipiente}} = (m_{\text{Ast.B}} + m_{\text{Recipiente}}) \cdot v_f$$

Se considerarmos que nenhuma força resultante atua sobre o astronauta B, podemos supor que ele se encontra inicialmente em repouso, por isso

$$m_{\text{Recipiente}} \cdot v_{\text{Recipiente}} = (m_{\text{Ast.B}} + m_{\text{Recipiente}}) \cdot v_f$$

$$v_f = \frac{m_{\text{Recipiente}} \cdot v_{\text{Recipiente}}}{m_{\text{Ast.B}} + m_{\text{Recipiente}}}$$

A fim de determinar um valor numérico ao resultado é possível estipular valores próximos do real:

#### Suporte Cognitivo

O professor deve conduzir o processo de desenvolvimento de hipóteses considerando as múltiplas estratégias e avaliando as justificativas dos estudantes, debatendo as ideias e disponibilizando o tempo necessário para que, por si só, consigam elaborar uma solução.

- Massa do astronauta: 190kg - devido ao traje espacial;

- Massa do recipiente de combustível: 20kg

- Velocidade do recipiente de combustível:  $10 \frac{m}{s}$

$$v_f = \frac{20 \cdot 10}{190 + 20}$$

$$v_f = 0,9 \frac{m}{s}$$

Ou seja, o astronauta e o recipiente de combustível terão a mesma velocidade final de 0,9 m/s, com a mesma direção do movimento do recipiente.

## MOMENTO 3: DISCUTINDO OS RESULTADOS

**Tempo previsto:** 40 minutos

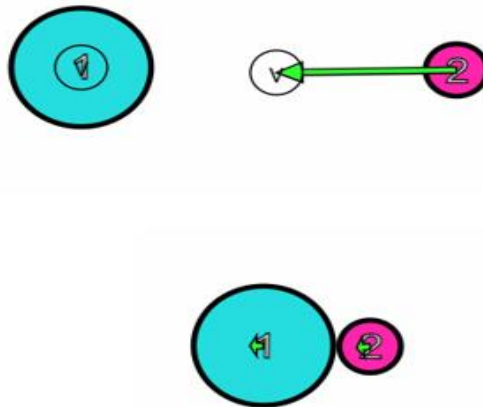
**Dinâmica:** Como uma forma de visualização e reorganização dos processos realizados no decorrer da atividade, é proposto o uso de simulação computacional, ilustrada na Figura 8.

Nela é possível recriar os parâmetros dados no problema e analisar a colisão em diferentes momentos. O momento antes da colisão, na qual o recipiente de combustível (bolinha 2), com menos massa, porém se move em direção ao astronauta (bolinha 1), que neste caso está parado e após a colisão, os dois saem juntos e possuem a mesma intensidade de velocidade, justificando a colisão perfeitamente elástica.

#### Suporte Procedimental

Para dar suporte procedimental é possível que a manipulação de simulações computacionais propiciem uma forma de fazer com que os alunos reavaliem sua conduta ao longo da atividade, reformulando o fenômeno observado e avaliando suas estratégias

Figura 8 - Simulação Computacional



Fonte: PhET Colorado.

---

### Referências e Sugestões de Leitura ADRP-7

[1] MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Leituras de Física-GREF-Para Ver, fazer e pensar. **São Paulo: IFUSP**, 1998, p. 1- 40. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>> Acesso: 16 de maio de 2023.

[2] Atividade adaptada de BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação campo-dependente em aulas sobre quantidade de movimento. *Avances en la enseñanza de la Física*, v. 1, n. 1, p. 35-59, 2019.

[3] Canal do Youtube O Físico - Tipos de Colisões: <https://www.youtube.com/watch?v=s9odquXGzuQ>

---



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABD-EL-KHALICK, F. et al. Inquiry in Science Education: international perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397-419, 2004.
- ANDRADE, G. T. B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 13, n. 1, p. 121-138, 2011.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação campo-dependente em aulas sobre quantidade de movimento. **Avances en la enseñanza de la Física**, v. 1, n. 1, p. 35-59, 2019.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- CLEMENT, L. **Resolução de Problemas e o Ensino de Procedimentos e Atitudes em Aulas de Física**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2004.
- CLEMENT, L. **Autodeterminação e Ensino por Investigação: Construindo Elementos para Promoção da Autonomia em Aulas de Física**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.
- CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades didáticas de resolução de problemas e o ensino de conteúdos procedimentais. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 1, p. 87-101, 2011.
- GARCÍA, E. J.; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una propuesta metodológica basada en la investigación**. 7ª. ed. Sevilla/ES: DÍADA, 2000. 93 p. (Serie Practica, n. 2. Colección Investigación y Enseñanza).
- GIL PÉREZ, D. *et al.* La Resolución de Problemas de Lápiz y Papel como Actividad de Investigación. **Revista Investigación en la Escuela**, 6, 3-20., 1988.
- GIL PEREZ, D. *et al.* Questionando a Didática de Resolução de Problemas: Elaboração de um Modelo Alternativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.
- OLIVEIRA, V. **Resolução de problemas abertos para aprendizagem de Física no Ensino Médio na perspectiva da Modelagem Didático-Científica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.
- RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, p. 1-12, 2008.
- STEFANOU, C. R., *et al.* Supporting Autonomy in the Classroom: Ways Teachers Encourage Student Decision Making and Ownership. **Educational Psychologist**, n. 39, p. 97-110, 2004.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v.13, 2011.

# APÊNDICE I

## ESCALA DE MEDIDA DO ESTILO MOTIVACIONAL DOS PROFESSORES - EMEMP

Nome: \_\_\_\_\_.

A seguir apresentamos uma sentença afirmativa para você e lhe oferecemos uma série de itens que dizem respeito às suas ações didático-pedagógicas ao longo das aulas na disciplina sob sua responsabilidade. Professores atuam sob distintas perspectivas pedagógicas, adotando e agindo de acordo com suas características, estilo formativo e de atuação profissional, para gerir e conduzir suas aulas.

Na sequência apresentamos diferentes descrições de ações e posicionamentos didático-pedagógicos e queremos saber o quanto verdadeira cada uma delas é para você, tendo em vista sua prática docente. Por favor, para cada uma das ações e posicionamentos didático-pedagógicos inerentes aos itens, assinale a opção que melhor traduz o quanto verdadeira cada uma delas é para você, em uma escala de 1 à 5, em que 1 representa “Nada Verdadeiro” e 5 representa “Totalmente Verdadeiro”.

### “DIANTE DAS DEMANDAS DE MEUS ALUNOS NAS AULAS E DE MINHAS AÇÕES EM SALA PODE-SE AFIRMAR QUE...”

1. Respeito o ritmo de meus alunos e os incentivos a concluírem suas atividades.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

2. Proporciono vivências de escolha e tomada de decisão aos meus alunos, mediante trabalhos em grupo.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

3. Valorizo o êxito de meus alunos em suas atividades mediante feedback positivo.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

4. Enfatizo que meus alunos precisam estudar muito para passarem nos vestibulares e conseguirem bons empregos para uma vida de sucesso.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

5. Demonstro confiança na capacidade de meus alunos, em solucionar problemas de forma coletiva.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

6. Enfatizo a meu aluno que é importante terminar as tarefas porque são obrigatórias e porque os colegas fazem.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

7. Enfatizo que quando detenho a palavra não quero ser interrompido.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

8. Me mantenho atento ao desempenho dos alunos e quando houver algum aluno com desempenho abaixo da média, incentivo-o e valorizo a sua capacidade de forma a melhorar o seu desempenho em aula.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

9. Proponho desafios e encorajo meus alunos a refletirem e encaminharem suas soluções autonomamente.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

10. Ressalto aos meus alunos que devem melhorar seu desempenho escolar, alcançando notas que os levem à aprovação.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

11. Apresento atividades diversificadas de forma a incentivar a atuação ativa do aluno para construção de sua aprendizagem.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

12. Detenho a palavra a maior parte do tempo em minhas aulas, deixando pouco espaço para opiniões e questionamentos dos meus alunos, pois a aprendizagem virá da boa explicação.

*Nada Verdadeiro* ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) *Totalmente Verdadeiro*

---

13. Encorajo meus alunos a conversar com seus colegas para verificar como eles agem para sanar suas dúvidas.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

14. Nas atividades que proponho em sala de aula explícito e determino claramente como os alunos devem realizá-las.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

15. Dou atenção às explicações e hipóteses manifestadas pelos meus alunos e encorajo-os a confrontá-las com as proposições teóricas em estudo.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

16. Afirmo recorrentemente a meus alunos que se tiverem boas notas, isso acarretará sucesso profissional.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

17. Recorrentemente questiono-os se ainda lembram de como quero que façam as atividades propostas e parabenizo aqueles que assim o fazem.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

18. Abro espaço aos alunos para sugerirem de forma coletiva assuntos ou atividades para aprofundarem (ou ampliarem) as suas aprendizagens.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

19. Encorajo o meu aluno a pensar sobre sua dedicação escolar e o que isso pode significar para a sua vida.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

20. Minhas aulas são majoritariamente expositivas, e enfatizo que é obrigação deles selecionar e aprofundar o que consideram mais relevante para eles.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

21. Conduzo aulas mais dialogadas com meus alunos, fazendo com que possam expressar suas ideias e concepções sobre os conceitos abordados de forma a ressignificá-las.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

22. Chamo a atenção dos alunos quando não alcançam boas notas em uma avaliação, enfatizando que é sua obrigação estudar para serem aprovados.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

23. Determino quais os materiais que devem utilizar para estudar os assuntos tratados na disciplina.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

24. Procuro saber de meus alunos por que não estão conseguindo resolver suas atividades, ou por que estão desatentos em aula, fomentando ações para que eles próprios possam superar suas dificuldades.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

25. Chamo a atenção da turma e aviso que aplicarei uma avaliação, caso os alunos não se comportem como eu desejo.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

26. Proporciono atividades que valorizam a discussão de ideias entre os alunos, de forma a fazê-los perceber como os colegas estão aprendendo.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

27. Digo que devem deixar de se envolver em atividades extracurriculares se desejarem alcançar boas notas.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---

28. Estimulo os alunos a discutirem ideais com os seus colegas e elogio iniciativas de sua parte.

*Nada Verdadeiro ( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) Totalmente Verdadeiro*

---