

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



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

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON**  
**UTILIZANDO ROBÔS DE SUMÔ**

.

.

**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

.

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> JANETE BATISTA DE BRITO**

**TERESINA**

**2022**

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

### **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DAS LEIS DE NEWTON UTILIZANDO ROBÔS DE SUMÔ**

.

.

**RAIMUNDO ROBSON LIMA CARDOSO**

.

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> JANETE BATISTA DE BRITO**

Produto Educacional aplicado, analisado e apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí - UFPI vinculado á dissertação como requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Física no Ensino Médio

**TERESINA**

**2022**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ao empurra ou puxar um objeto exerce-se uma força sobre ele. . . . .	16
Figura 2 – Ponte Estaiada João Isidoro França, em Teresina (PI). . . . .	16
Figura 3 – Sistema Terra - Lua. . . . .	17
Figura 4 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente. . . . .	18
Figura 5 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva. . . . .	19
Figura 6 – Exemplos de fenômenos onde atuam forças de ação e reação. . . . .	21
Figura 7 – Homem medindo o peso dele em uma balança. . . . .	22
Figura 8 – Bloco sobre uma mesa sob a ação de forças. . . . .	23
Figura 9 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies. . . . .	24
Figura 10 – Irregularidades das superfícies em situação de movimento em (a) e repouso em (b). . . . .	25
Figura 11 – Forças atuando em um carro atolado. . . . .	26
Figura 12 – Impulso recebido pela bola. . . . .	26
Figura 13 – Dojô de sumô de robô (categoria 3 kg). . . . .	30
Figura 14 – Tela inicial do Tinkercad. . . . .	38
Figura 15 – Tela do Tinkercad circuitos. . . . .	38
Figura 16 – Tela de produção dos projetos do Tinkercad. . . . .	39
Figura 17 – Projeto pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	40
Figura 18 – Código em bloco pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	40
Figura 19 – Código em texto pisca LED no Tinkercad circuitos. . . . .	41
Figura 20 – Tela inicial do IDE Arduíno. . . . .	42
Figura 21 – Principais comandos do do IDE Arduíno. . . . .	42
Figura 22 – Efeitos da variação brusca da velocidade. . . . .	45
Figura 23 – Movimento de uma montanha-russa. . . . .	45
Figura 24 – Ação da resistência do ar e da gravidade. . . . .	45
Figura 25 – Trajetória de uma bola arremessada. . . . .	46
Figura 26 – Circuito de um semáforo. . . . .	47
Figura 27 – Código de programação em bloco do projeto semáforo. . . . .	47
Figura 28 – Código de programação em texto do projeto semáforo. . . . .	48
Figura 29 – Influência da força e da massa na aceleração. . . . .	49
Figura 30 – Menina medindo o peso dela na Terra. . . . .	50

Figura 31 – Foguete viajando pra Lua. . . . .	51
Figura 32 – Menina medindo o peso dela na Lua. . . . .	51
Figura 33 – Menina dentro da nave medindo o peso dela. . . . .	51
Figura 34 – Cidadão caindo na Terra. . . . .	53
Figura 35 – Circuito de um alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	54
Figura 36 – Código de programação em bloco do alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	54
Figura 37 – Código de programação em texto do alarme de presença com sensor ultrassônico. . . . .	55
Figura 38 – As equipes aplicando forças de mesma intensidade. . . . .	56
Figura 39 – As equipes aplicando forças de intensidades diferentes. . . . .	57
Figura 40 – Uma das equipes deixa de aplicar força. . . . .	57
Figura 41 – Garoto no espaço se afastando da Terra. . . . .	58
Figura 42 – Ligação dos motores com a ponte H. . . . .	59
Figura 43 – Ligação da ponte H com a placa Arduíno. . . . .	61
Figura 44 – Ligação do sensor ultrassônico. . . . .	61
Figura 45 – Ligação do sensores infravermelho do robô de sumô. . . . .	62
Figura 46 – Esquema do circuito básico do robô de sumô. . . . .	63
Figura 47 – Dojô feito de madeira compensada. . . . .	72
Figura 48 – Dojô dividido em quatro partes. . . . .	73
Figura 49 – Lado posterior do dojô. . . . .	73
Figura 50 – Área do dojô. . . . .	74
Figura 51 – Chassi em MDF do robô de sumô básico. . . . .	80
Figura 52 – Placa Arduíno Uno R3. . . . .	81
Figura 53 – Cabo USB para Arduíno. . . . .	81
Figura 54 – Drive duplo ponte H de motor DC. . . . .	82
Figura 55 – Carregador de bateria 18650 duplo. . . . .	82
Figura 56 – sensor ultrassônico de distância HC-SR04. . . . .	83
Figura 57 – Chave push button PBS-102 NF. . . . .	83
Figura 58 – Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô. . . . .	84
Figura 59 – Roda com caixa de redução e motor. . . . .	84
Figura 60 – Bateria 18650 Li-Ion recarregável. . . . .	85

Figura 61 – Módulo sensor reflexivo infravermelho. . . . .	85
Figura 62 – Esferas de metal e de madeira caem da plataforma. . . . .	90
Figura 63 – Monstro de pedra menor empurra o monstro maior. . . . .	91
Figura 64 – Esfera passando por um tubo circular. . . . .	91
Figura 65 – Zumbis arremessam esferas para cima. . . . .	92
Figura 66 – Canhão arremessam esferas. . . . .	92
Figura 67 – Zumbi subindo de elevador. . . . .	93
Figura 68 – Chassi em MDF do robô de sumô. . . . .	98
Figura 69 – Esfera deslizante metálica. . . . .	98
Figura 70 – Suporte de MDF para sensor ultrassônico. . . . .	99
Figura 71 – Conjunto roda motor suporte de MDF. . . . .	99
Figura 72 – Encaixe do conjunto roda motor suporte de MDF no chassi. . . . .	100
Figura 73 – Encaixe do suporte para placa Arduíno. . . . .	100
Figura 74 – Montagem do segundo conjunto roda motor suporte. . . . .	100
Figura 75 – Montagem da ponte H L9110s no chassi do robô. . . . .	101
Figura 76 – Fixação dos sensores infravermelho. . . . .	101
Figura 77 – Fixação da placa Arduíno. . . . .	102
Figura 78 – Encaixe do sensor ultrassônico. . . . .	102
Figura 79 – Arranjo das baterias com contatos de papel alumínio. . . . .	103
Figura 80 – Arranjo das baterias após fixação dos fios (A) e finalizado (B). . . . .	103
Figura 81 – Suporte de bateria feito de PVC. . . . .	104

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO</b> . . . . .	8
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> . . . . .	10
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> . . . . .	10
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> . . . . .	10
2.2.1	Objetivo Específico 1 . . . . .	10
2.2.2	Objetivo Específico 2 . . . . .	10
2.2.3	Objetivo Específico 3 . . . . .	10
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> . . . . .	11
<b>3.1</b>	<b>Pré-teste e Pós-teste</b> . . . . .	11
3.1.1	Force Concept Inventory (FCI) . . . . .	11
<b>3.2</b>	<b>Conceitos relacionados às Leis de Newton</b> . . . . .	12
3.2.1	Uma Breve História do Movimento dos corpos . . . . .	12
3.2.2	Primeira Lei de Newton . . . . .	16
3.2.3	Segunda Lei de Newton . . . . .	19
3.2.4	Terceira Lei de Newton . . . . .	21
3.2.5	Forças especiais: força peso, força normal e força de atrito . . . . .	22
3.2.6	Momento Linear e Impulso . . . . .	26
<b>3.3</b>	<b>Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton</b> . . . . .	28
3.3.1	Origem da robótica . . . . .	28
3.3.2	A Modalidade Robô de Sumô . . . . .	29
3.3.3	A Plataforma Arduíno como Recurso Pedagógico . . . . .	30
3.3.4	Aprendizagem Significativa de Ausubel . . . . .	31
3.3.5	Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton . . . . .	32
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO</b> . . . . .	34
<b>4.1</b>	<b>Sequência Didática para Abordar as Leis de Newton Utilizando Robôs de Sumô como Material Potencialmente Significativo</b> . . . . .	34
4.1.1	Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste. . . . .	34
4.1.2	Segundo Encontro: Aplicação do questionário I; simulador Tinkercad e placa Arduino. . . . .	36

4.1.3	Terceiro Encontro: Organizador prévio; Formação das equipes; Primeira Lei de Newton. . . . .	43
4.1.4	Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos; Segunda Lei de Newton. . . . .	46
4.1.5	Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença; Terceira Lei de Newton. . . . .	53
4.1.6	Sexto Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte) . . . . .	58
4.1.7	Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte) . . . . .	59
4.1.8	Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte) . . . . .	60
4.1.9	Nono Encontro: montagem do robô de sumô (4ª Parte) . . . . .	62
4.1.10	Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte). . . . .	64
4.1.11	Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte). . .	64
4.1.12	Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte). . .	66
4.1.13	Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte). . .	66
4.1.14	Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte). . . .	67
4.1.15	Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste. . . . .	68
4.1.16	Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô. . . . .	69
<b>5</b>	<b>RECURSOS DIDÁTICOS . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>5.1</b>	<b>O robô de sumô . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Dojô - ringue dos combates . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>5.3</b>	<b>Computadores . . . . .</b>	<b>74</b>
<b>5.4</b>	<b>Data show . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>6.1</b>	<b>Observação do desempenho nas atividades . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>6.2</b>	<b>Testes . . . . .</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICES . . . . .</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE A–DESCRIÇÃO E ORÇAMENTO DOS DISPOSITIVOS</b>	
	<b>USADOS NO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE B–QUESTIONÁRIO I - DETECTANDO INFORMAÇÕES</b>	
	<b>SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA . . . . .</b>	<b>87</b>

<b>APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO II - EXPERIÊNCIAS DOS ALUNOS COM FERRAMENTAS DIGITAIS . . . . .</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE D-QUESTIONÁRIO III - UTILIZANDO AS CENAS DO JOGO NEWTÔNIA . . . . .</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE E-CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO (SKETCH) DO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE F-MONTAGEM DA ESTRUTURA MECÂNICA DO ROBÔ DE SUMÔ . . . . .</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO A-PRÉ-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO B-PÓS-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON . . . . .</b>	<b>113</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Este produto educacional, que agora apresentamos a você, prezado professor de Física, está associado à dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física, polo da Universidade Federal do Piauí. O produto é uma sequência didática a ser aplicada no primeiro ano do Ensino Médio, que contém instruções que partem da aplicação dos testes para detectar os conhecimentos prévios dos alunos, passando pela montagem de projetos simples de robótica e do próprio robô de sumô até a culminância, que é a competição entre os robôs produzidos.

Esta sequência didática foi planejada para ser aplicada como uma unidade curricular em um itinerário formativo, previsto no novo Ensino Médio. Ela pode ser introduzida como uma eletiva, que geralmente tem a duração de um semestre do calendário escolar. Consideramos que esta seja uma boa alternativa, visto que a carga horária destinada a Física na Formação Geral Básica (FGB) e nas escolas públicas é reduzida.

Assim, nosso produto tem o objetivo de abordar as Leis de Newton, utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, através da montagem e aprimoramento de robôs de sumô. Estes robôs funcionam de forma autônoma, utilizando a placa Arduino. Cada equipe terá a incumbência de fazer modificações no robô de sumô com o intuito de melhorar o desempenho dele. Isto será feito utilizando os conceitos de física relacionados às Leis de Newton.

Dessa forma, a título de exemplo, para melhorar a tração das rodas do robô de sumô, podemos aumentar o atrito entre o pneu e a superfície do dojô (ringue das batalhas). Para isso, é necessário investigar o atrito que existe entre as superfícies e em consequência, devemos estudar a força de atrito, a força normal e a força peso. Com base nestes conceitos, faz-se a escolha dos materiais e técnicas para melhorar a tração. Assim, a competição entre as equipes começa já na montagem dos robôs de sumô.

Outra contribuição que este produto educacional pode proporcionar é em relação a motivação dos envolvidos nas atividades, que é um dos grandes problemas que enfrentamos nas salas de aula. Na minha experiência como professor do Ensino Médio, constatei que os conceitos relacionados à cinemática e à dinâmica são de difícil assimilação para os alunos. Assim, os alunos ao se depararem com esta dificuldade, passam a considerar a física uma disciplina difícil. Esta dificuldade pode estar relacionada às metodologias utilizadas, que não conseguem despertar o interesse pela disciplina.

Ademais, a robótica permite abordar vários tópicos da física, por exemplo, esta sequên-

cia didática além dos conceitos relacionados às Leis de Newton, pode ser adaptada para explorar conceitos relacionados aos conteúdos de ondas, eletricidade. Sendo assim, o nosso produto apresenta estas possibilidades de aplicação, que faz valer a pena o custo-benefício.

Desse modo, esperamos que façam bom proveito do nosso produto educacional, que ele contribua para o processo de ensino aprendizagem dos conceitos de física, proporcionando uma aprendizagem significativa, o aumento da motivação e a redução da rejeição dos estudantes em relação à física.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton através da utilização de robôs de sumô como material potencialmente significativo, para possibilitar a motivação dos alunos e proporcionar a aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

### **2.2 Objetivos Específicos**

#### **2.2.1 Objetivo Específico 1**

Construir projetos básicos de robótica de forma virtual através do simulador de circuitos Tinkercad e de forma tangível utilizando a placa do Arduíno.

#### **2.2.2 Objetivo Específico 2**

Aprimorar o projeto mecânico do robô de sumô, aplicando os conceitos relacionados às Leis de Newton, propiciando uma aprendizagem significativa desses conceitos.

#### **2.2.3 Objetivo Específico 3**

Utilizar o robô de sumô como elemento motivador para o estudo das Leis de Newton, através do protagonismo dos alunos na montagem, otimização dos robôs para participar de uma competição.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para embasar teoricamente o produto educacional. Inicialmente, apresentamos o teste Force Concept Inventory (FCI), que foi utilizado como pré-teste e pós-teste. Em seguida, tratamos dos conceitos relacionados às Leis de Newton, que é o conteúdo de física explorado em nosso produto. E por fim, uma seção sobre a utilização do robô de sumô no estudo das Leis de Newton.

#### 3.1 Pré-teste e Pós-teste

O Force Concept Inventory (FCI) é um teste que é bastante utilizado, tanto em nível médio quanto em nível superior, para detectar os conceitos intuitivos dos alunos relacionado ao conceito de força.

##### 3.1.1 Force Concept Inventory (FCI)

As questões do pré-teste e do pós-teste foram selecionadas dentre as questões do *Force Concept Inventory (FCI)*, um teste que foi desenvolvido em 1992 por Hestenes, Wells e Swackhamer, como um instrumento para auxiliar os professores a detectar e avaliar as concepções dos alunos, criadas a partir do senso comum, sobre a Mecânica Newtoniana. Para atingir esse objetivo, o teste foi desenvolvido explorando o conceito de força, que é considerado fundamental na Mecânica Newtoniana (HESTENES *et al.*, 1992).

Em nosso estudo, as questões que aplicamos no pré e no pós-teste são de uma versão traduzida do FCI que foi desenvolvida e validada por Fernandes (2011). Na sua tese, Fernandes, traduziu uma versão revisada do FCI produzida por Hestenes e Halloun em 1995. A tradução para português foi feita de maneira rigorosa para mantê-la fiel ao instrumento original, só foram feitas pequenas modificações para melhor adaptação ao nosso contexto (FERNANDES, 2011).

Entretanto, o FCI possui trinta questões para serem resolvidas em quarenta minutos, um número de questões elevado, que dependendo das circunstâncias pode se tornar cansativo para o aluno. Em virtude disto, buscamos um trabalho realizado pelos pesquisadores Han *et al.* (2015), que dividiu o FCI em dois testes de meio comprimento com quatorze questões cada, de tal modo, que eles têm equivalência entre si e preservaram as características do FCI completo. Desse modo, os dois instrumentos podem ser utilizados como pré-teste e pós-teste em uma pesquisa (HAN *et al.*, 2015).

De acordo com os autores, as questões dos testes não devem ser divulgadas nem discutidas com os alunos. Inclusive, eles aconselham mudar o título original do teste a fim de evitar que ele se torne conhecido entre os alunos e o inviabilize como teste. Em nosso estudo, o pré-teste e o pós-teste foram denominados, **Força: um conceito fundamental da Mecânica Newtoniana**, com o acréscimo no final dos numerais romanos I e II, para identificar o pré-teste (ANEXO A) e o pós-teste (ANEXO B).

### 3.2 Conceitos relacionados às Leis de Newton

Nesta seção, vamos abordar os conceitos de física que serão explorados no aprimoramento mecânico do nosso robô de sumô. É importante ressaltar a contribuição dos vários estudiosos ao longo da história para a construção do conhecimento científico. Dessa forma, inicialmente vamos abordar sobre as contribuições de alguns gigantes nos ombros dos quais Isaac Newton se apoiou para ver mais longe. Em seguida, apresentaremos as Leis de Newton e alguns conceitos relacionados a ela, como: força peso, força normal, força de atrito, momento linear e impulso.

#### 3.2.1 Uma Breve História do Movimento dos corpos

O conhecimento científico é produzido ao longo do tempo, permanecendo sempre em construção. É influenciado por fatores sociais, políticos, religiosos, dentre outros. Além disso, recebe a contribuição de muitos estudiosos, com erros, acertos e reformulações. Nas palavras de Monteiro (2014, p.81), "O desenvolvimento do conhecimento científico é um empreendimento extremamente complexo e não envolve somente variáveis internas a esse sistema". Nesse sentido, podemos afirmar que em relação aos conceitos do movimento dos corpos isso não foi diferente.

O movimento é um tema recorrente desde de sempre, pois faz parte do dia a dia dos seres humanos, mas o estudo de forma sistematizada que se tem registro ocorreu na Grécia antiga, onde o filósofo Aristóteles (384 - 322 a.C) foi o responsável pelas principais contribuições. A seguir, sem a pretensão de esgotar o tema, relacionaremos considerações de Aristóteles sobre o movimento.

Aristóteles afirmava a existência de um mundo supralunar e do mundo sublunar e que as leis que governavam estes dois mundos eram diferentes. No mundo supralunar, os corpos celestes formados por éter e em universo finito, efetuavam um movimento natural, uniforme,

circular e perpétuo (PEDUZZI, 2015).

A matéria do mundo sublunar era composta por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Embaixo era lugar natural dos elementos mais pesados (terra e água) e em cima, os elementos mais leves (ar e fogo). Uma pedra cai por ser constituída principalmente por terra, descrevendo um movimento natural. Ademais, Aristóteles afirmava que as pedras mais pesadas chegavam ao solo primeiro do que outras mais leves, quando soltas simultaneamente de uma mesma altura. A fumaça que é formada principalmente por ar e fogo, sobe em um movimento natural (SILVA, 2017).

De outro modo, existia o movimento que possuía causas externas, denominado movimento violento, que acontecia quando um corpo era puxado ou empurrado por outro corpo. Aristóteles afirmava que pra colocar e manter um corpo em movimento violento era necessário uma força atuando durante todo o processo . Assim, uma pessoa carregando um objeto, o arremesso de uma pedra, são exemplos de movimentos violentos. Nestes exemplos, observamos que o movimento dos objetos é causado por outros agentes, o objeto é movimentado pela pessoa, alguém arremessou a pedra. No caso da pedra, após perder o contato com mão da pessoa, o meio seria o responsável pela causa do movimento. Estas e outras ideias de Aristóteles permaneceram sendo consideradas corretas por quase dois mil anos, apesar do próprio Aristóteles não as considerar como ideias finais (HEWITT, 2015).

Aristóteles contribuiu grandemente para o desenvolvimento dos conceitos sobre o movimento. Este foi um grande passo, mas foi apenas o primeiro de uma longa jornada. Pois sabemos que a construção da ciência é obra de muitas mãos, isso é ressaltado nas palavras atribuídas a Isaac Newton: "Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes". Dessa forma, a tarefa de questionar e modificar as ideias aristotélicas coube a outros grandes nomes da ciência, como: Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei, René Descartes, Isaac Newton, dentre outros.

A história do movimento, após Aristóteles, é longa, passando pelas contribuições de Philoponus de Alexandria (490 – 570 d.C.), do árabe Avicena (980 a.C – 1037 d.C.), do filósofo francês Jean Buridan (1300-1358), do discípulo de Buridan, Nicolas Oresme (?1320-1382), chegando até Nicolau Copérnico (1473 – 1543), a partir do qual vamos detalhar um pouco mais esta história.

Nicolau Copérnico (1473 – 1543), na sua obra *Sobre a revolução das órbitas celestes*, publicado no ano da sua morte, apresenta sua teoria heliocêntrica, onde diferentemente de

Claudio Ptolomeu (100 - 170 d.C), ele coloca o Sol como centro do universo ao invés da Terra. Contudo, Copérnico apresentou sua teoria com muita cautela, com receio de ser vilipendiado por contrariar o consagrado sistema geocêntrico de Ptolomeu. A obra de Copérnico foi utilizada por grandes estudiosos como Kepler, Galileu e outros, de tal maneira que contribuiu para a Revolução Científica do século XVII (PEDUZZI, 2015).

O astrônomo alemão, Johannes Kepler (1571-1630), com base na obra de Copérnico e nas observações de Tycho Brahe (1546-1601), usou sua habilidade com a matemática para elaborar as leis do movimento planetário. O trabalho de Kepler rompe com a ideia de órbitas circulares e movimento uniforme dos planetas e passa descrevê-las como órbitas elípticas com movimento não uniforme (SILVA, 2016). Ele foi o primeiro a usar o termo inércia no estudo do movimento, mas com um sentido diferente daquele consagrado na Mecânica Clássica. Para Kepler, a inércia era uma resistência apresentada pelos corpos, que consistia em uma oposição ao movimento. Na situação em que nenhuma força estivesse atuando, a inércia do corpo faria o movimento cessar. A inércia kepleriana reflete a concepção aristotélica de que os corpos tendem, naturalmente, para o repouso (REZENDE, 2018).

O gigante Galileu(1564-1642), inicialmente utilizava as concepções aristotélicas para descrever o movimento dos corpos. Após trocas de correspondências com Kepler, ele passou a dar maior importância ao sistema de Copérnico, que defendia o sistema heliocêntrico em contraposição às ideias aristotélicas que adotavam o sistema geocêntrico (MONTEIRO, 2014).

Outro fato que pode ter contribuído para a mudança de visão de Galileu foi a observação do céu através de uma luneta, que ele mesmo aperfeiçoou após ficar sabendo das características deste instrumento inventado na Holanda. Ele apontou o instrumento para o céu e fez descobertas que contrariavam as afirmações de Aristóteles. Ele publicou o resultado de suas observações, em 1610, no seu livro, *O Mensageiro das Estrelas* (MONTEIRO, 2014).

Galileu foi o primeiro a usar a observação e a experimentação de forma sistematizada para refutar as concepções aristotélicas. Há uma narrativa na qual Galileu fez um experimento na torre de Pizza, em que ele abandona objetos de pesos diferentes do alto da torre. O objetivo dele era mostrar que corpos abandonados da mesma altura, independente do peso deles, levariam o mesmo tempo para chegar ao solo. Fez isso pra refutar a ideia de Aristóteles de que um corpo mais pesado cairia mais rápido. Não há confirmação de que este experimento da torre de Pizza tenha sido feito por Galileu (HEWITT, 2015). É mais aceito que ele tenha chegado a estas conclusões através dos experimentos com planos inclinados.

Na concepção de inércia desenvolvida por Galileu, ele considerava que na ausência de causas externas, um corpo em repouso permaneceria em repouso e um corpo em movimento descreveria, indefinidamente, um movimento uniforme. No entanto, ele utilizava o conceito de forças impressas (ímpeto) para justificar a possibilidade do movimento perpétuo de um corpo. (MEDEIROS, 2017). Outro ponto importante, é que Galileu concebeu uma ideia de inércia circular, pois considerou que a superfície terrestre possibilitava o movimento uniforme perpétuo. Por isso, historiadores apontam que Galileu não conseguiu chegar ao conceito de inércia da forma como Newton a apresentou (MONTEIRO, 2014).

Os experimentos e observações feitas por Galileu descritos e discutidos nos seus livros, *Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo*<sup>1</sup> e *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências*<sup>2</sup>, demonstram que um corpo em queda livre (sujeito apenas à força gravitacional) desenvolve um movimento uniformemente variado e que todos os corpos estavam sujeitos a mesma aceleração. Antes os aristotélicos afirmavam que o movimento de queda era acelerado, mas não diziam de que forma ocorria esta aceleração (NUSSENZVEIG, 2013).

Descartes (1596-1650), filósofo francês, praticamente chegou ao conceito de inércia, através das suas primeira e segunda leis da natureza. Vale ressaltar, que para fundamentar suas leis, ele utiliza a intervenção divina. Dito de outro modo, a conservação da quantidade de movimento era atribuído a imutabilidade e a simplicidade como Deus mantém a matéria em movimento. Dessa forma, na ausência de interação com outros corpos, um corpo se mantinha em movimento retilíneo porque a quantidade de movimento do corpo se conservava. Ademais, Descartes não percebeu a natureza relativa<sup>3</sup> dos estados de movimento e repouso dos corpos (POLITO, 2015).

A partir das contribuições destes estudiosos que mostramos acima e de outros, Newton, com sua genialidade, estabeleceu as Leis do Movimento que fundamentam a Mecânica Clássica, como teremos oportunidade de abordar nas próximas subsecções.

<sup>1</sup> Obra publicada em 1632, com o título em italiano *Dialogo sopra i Due Massimi Sistemi Del Mondo Tolemaico e Copernicano* e ficou conhecida como *Diálogos*.

<sup>2</sup> Obra publicada em 1638, com o título em italiano *Discorsi e Dimostrazioni Mathematiche intorno a Due Nueve Scienze* e ficou conhecida como *Discorsi*.

<sup>3</sup> Natureza relativa do movimento significa que o movimento de um objeto, visto por um observador, depende do referencial no qual ele está situado (LUZ; ÁLVARES, 2013).

### 3.2.2 Primeira Lei de Newton

Inicialmente, é importante falarmos sobre a **grandeza força**, que tem um papel fundamental na formulação das Leis de Newton. Temos a noção de força, ainda que de forma intuitiva, quando empurramos ou puxamos um objeto. Nessa situação, estamos interagindo com outro corpo e aplicando uma força sobre ele, ação que pode colocar o objeto em movimento ou não (Figura 1). Os efeitos produzidos por uma força ficam definidos quando são conhecidos o módulo, a direção e o sentido de atuação da mesma. Portanto, a força é uma grandeza vetorial<sup>4</sup> e poderá ser representada por um vetor (LUZ; ÁLVARES, 2013).

Figura 1 – Ao empurra ou puxar um objeto exerce-se uma força sobre ele.



Fonte: Luz; Álvares (2013)

Já mencionamos, acima, que é possível forças atuarem em um corpo sem produzir movimento. A ponte estaiada na Figura<sup>5</sup> 2 representa um exemplo onde muitas forças atuam em um corpo, nesse caso, através de cabos e colunas, mas não produzem nenhum movimento perceptível (GASPAR, 2016).

Figura 2 – Ponte Estaiada João Isidoro França, em Teresina (PI).



Fonte: Site da SEMDEC(2021).

<sup>4</sup> Grandezas que para ficarem totalmente descritas necessitam tanto da informação do módulo quanto de orientação (direção e sentido).

<sup>5</sup> Fonte: Site da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico de Teresina (SEMDEC). <https://semdec.pmt.pi.gov.br/atrativos-turistico/>. Acesso: 08 jul2021.

Ademais, a soma vetorial de todas as forças que atuam em um corpo, como as que atuam sobre a ponte da Figura 2, é chamada de **força resultante**, que é obtida através de uma soma vetorial. Diferentemente da soma vetorial, na **soma algébrica**, duas parcelas iguais somadas sempre produzem o mesmo resultado, já a **soma vetorial** de parcelas iguais podem resultar valores diferentes, isso porque nesta última é necessário levar em conta a orientação (direção e sentido) da grandeza vetorial (GASPAR, 2016).

Além das forças que tratamos acima, que para atuar necessitam do contato entre os corpos (**forças de contato**), existem também as **forças de ação a distância** que podem atuar entre corpos que estão muito longe um do outro. Por exemplo, a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua (Figura<sup>6</sup> 3) e as forças de interação entre dois ímãs (GASPAR, 2016; LUZ e ÁLVARES, 2013).

Figura 3 – Sistema Terra - Lua.



Fonte: Site Perkins eLearning (2021).

Após esta explicação sobre a grandeza força, é o momento de apresentarmos a Primeira Lei de Newton. Esta lei é estruturada em torno do conceito de inércia, uma propriedade da matéria que já abordamos na subsecção 3.2.1, quando expomos a evolução histórica dos conceitos relativos ao movimento. Agora, apresentamos o arremate de Isaac Newton (1642-1727) que consolidou o conceito de inércia que ficou consagrado na mecânica clássica. No seu livro

<sup>6</sup> Fonte: Site Perkins eLearning. Disponível em: <https://www.perkinselearning.org/accessible-science/activities/earth-and-moon-student-built-model>. Acesso: 08 jul 2021.

*Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, conhecido como *Principia*, Newton enunciou a primeira lei, conhecida também como lei da inércia, que assim foi reproduzido no livro de Hewitt (2015, p. 26): "Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de rapidez uniforme em uma linha reta a menos que uma força resultante não nula seja exercida sobre ele."

Dessa forma, Newton deixa claro que um corpo pode desenvolver um movimento retilíneo uniforme sem a necessidade da atuação contínua de uma força. Ou seja, a partir do momento que a força resultante, que atua sobre um corpo em movimento, passa a ser nula, o corpo descreverá um movimento retilíneo uniforme. Ademais, Newton indica que a inércia é a propriedade responsável por este comportamento. (SÁ, 2020).

Na Figura 4, o habilidoso e sorridente garoto puxa subitamente a toalha da mesa e os objetos sobre a mesa permanecem em repouso. Esta é uma demonstração bem conhecida da propriedade de inércia dos objetos, que faz os mesmos resistirem a uma mudança do estado no qual se encontram. Portanto, os objetos se encontram no estado de repouso e por ação da inércia, eles tendem a permanecer em repouso.

Figura 4 – Efeito da inércia dos objetos após a toalha ser puxada subitamente.



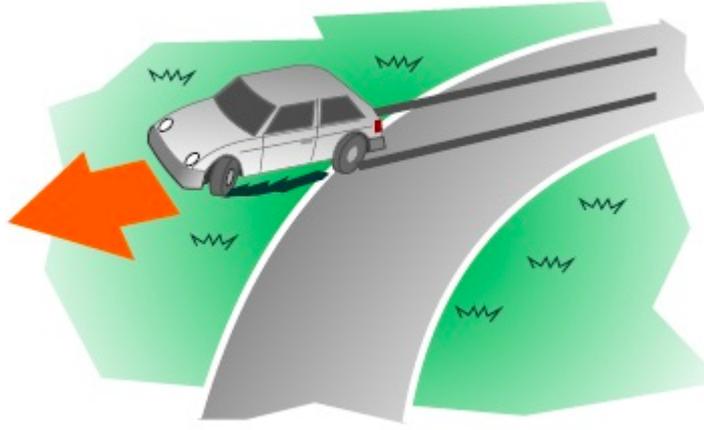
Fonte: Hewitt (2015).

Agora, quando um corpo já está em movimento, por ação da inércia, ele tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme. A Figura<sup>7</sup> 5, mostra um descuidado motorista de um carro cujos pneus perdem totalmente a aderência com a pista e segue a reta tangente a curva. Ou seja, a força de atrito entre os pneus e a pista, necessária para o carro efetuar a manobra de curva, deixa de atuar e o carro mantém o estado de movimento que ele tinha imediatamente antes dos pneus perderem a aderência.

É importante destacar que alguns conceitos são estabelecidos a partir desta lei. Por

<sup>7</sup> Fonte: Site Coisas de Engenheiro. Disponível em: <https://coisasdeengenheiro.wordpress.com/category/dinamica-da-frenagem>. Acesso em: 08 jul 2021.

Figura 5 – Efeito da inércia em um carro ao tentar fazer uma curva.



Fonte: Site Coisas de Engenheiro (2021).

exemplo, ela estabelece os critérios para determinar um referencial inercial. Que são referenciais nos quais as Leis de Newton são válidas. Nas palavras de TIPLER e MOSCA (2009, p. 94) "Se não há forças atuando sobre um corpo, qualquer referencial no qual a aceleração do corpo permanece zero é um referencial inercial". Outro exemplo, são as condições de equilíbrio mecânico de um corpo, que ficam bem estabelecidas com base na Primeira Lei de Newton (HEWITT, 2015). Utilizando a linguagem matemática, a condição de equilíbrio é dada por <sup>8</sup>

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3.1)$$

Diante do exposto acima, podemos afirmar que a Primeira Lei de Newton tem sua importância não só pela propriedade da inércia, mas, também, por outros conceitos que são estabelecidos a partir dela.

### 3.2.3 Segunda Lei de Newton

Vimos que se a resultante das forças que atua em um corpo for nula, a Primeira Lei de Newton é a lei que descreverá o tipo de movimento do corpo. Quando a resultante das forças que atuam em um corpo é diferente de zero, como será o movimento desenvolvido por ele? A resposta desta questão e outras que vamos abordar nesta subseção pode ser encontrada a partir da Segunda Lei de Newton.

Neste primeiro momento, vamos abordar um pouco sobre a aceleração, que é uma importante grandeza que a Segunda Lei de Newton define e determina sua relação com as

<sup>8</sup> O símbolo  $\sum$  representa o somatório e o  $\vec{F}$  indica uma força vetorial, ou seja, o somatório das forças vetoriais é igual a zero

grandezas força e massa. No estudo de Polito (2015), ele aponta que Galileu procurou em seus estudos descrever a aceleração de um corpo, ou seja, como acontece a variação da velocidade do mesmo. E que Galileu considerava, as causas da aceleração, uma questão a ser enfrentada posteriormente. Este posicionamento se justifica porque ele não tinha noções consolidadas dos conceitos de massa inercial, gravidade e força.

Ademais, a aceleração é uma grandeza física vetorial que registra a variação da velocidade (módulo, direção e sentido) em função do tempo. Galileu conseguiu mostrar, através dos experimentos com planos inclinados, que a aceleração dos corpos em queda livre é constante. Diante disso, surge um questionamento: o que faz a velocidade variar? Ou seja, o que produz a aceleração? A Segunda Lei de Newton lançou luz sobre esta questão (HEWITT, 2015).

A Segunda Lei de Newton estabelece a relação entre as grandezas força, aceleração e massa. Esta relação foi estabelecida por Newton, que no livro de Hewitt (2015, p. 63) é apresentado da seguinte forma: "A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que essa força e é inversamente proporcional à massa do objeto". Então, abaixo temos a expressão matemática da Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.2)$$

Vale ressaltar, que Newton estabeleceu a segunda lei a partir da grandeza física quantidade de movimento ou momento linear. A equação 3.3 que relaciona força, massa e aceleração, foi obtida a partir da expressão matemática da quantidade de movimento (NUSSENZVEIG, 2013). Na subsecção 3.2.6, voltaremos a abordar este tema.

A unidade de medida de força no Sistema Internacional de Unidades (S.I.)<sup>9</sup> é newton (N). A Segunda Lei de Newton possibilita a definição desta unidade de medida. Dessa forma, quando uma massa  $m$  de 1,0 kg recebe a ação de uma força  $\vec{F}$  e desenvolve uma aceleração  $\vec{a}$  de módulo igual a  $1,0 \text{ m/s}^2$ , a intensidade dessa força corresponde a 1,0 newton (1,0N) (GASPAR, 2016). Então, usando a equação 3.3 e considerando apenas os módulos das grandezas temos que:

$$F = m \cdot a \implies 1,0N = 1,0kg \cdot m/s^2 \quad (3.3)$$

Além das unidades de força, massa e aceleração apresentadas acima, temos outras unidades de medida dessas grandezas pertencentes a outros sistemas métricos, mas em nosso estudo vamos usar as do Sistema Internacional de unidades (S.I.).

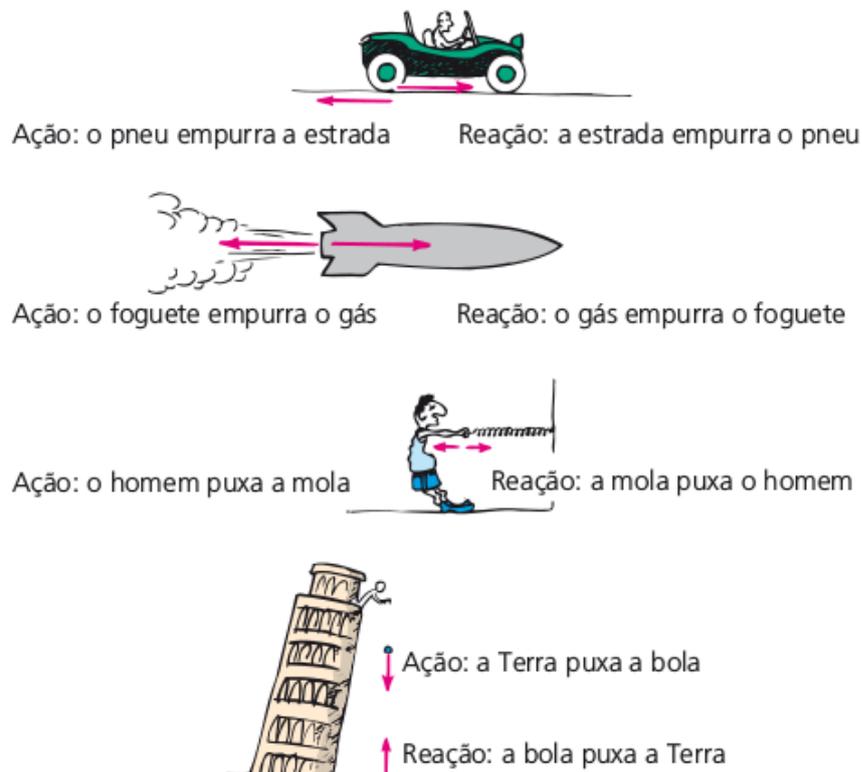
<sup>9</sup> Este sistema é utilizado na maioria dos países e suas unidades de medida foram definidas na Conferência Internacional de Pesos e Medidas de 1960, em Paris.

### 3.2.4 Terceira Lei de Newton

As Primeira e Segunda Leis de Newton relacionam a força resultante que atua sobre um corpo e o movimento produzido nele. Agora, a Terceira Lei de Newton, descreve as forças que atuam nos corpos durante a interação dos mesmos, que no caso mais simples seria entre dois corpos.

Nas palavras de Gaspar (2016, p. 99), o enunciado da Terceira Lei de Newton é expresso da seguinte maneira: "Se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B exerce sobre A uma força de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário". A Figura 6 apresenta alguns fenômenos e a representação das forças de ação e reação que atuam em cada caso.

Figura 6 – Exemplos de fenômenos onde atuam forças de ação e reação.



Fonte: Gaspar (2016).

A grandeza força sempre aparece em pares, ou seja, toda vez que aparecer uma força de ação, vai existir uma força de reação. Esta é uma propriedade da força que é descrita pela Terceira Lei de Newton (TIPLER; MOSCA, 2009).

Estas forças aparecem de forma simultânea, sendo assim, não é primordial saber qual é força de ação e a de reação, mas sim perceber que elas surgem da interação entre corpos e que uma não existe sem a outra (HEWITT, 2015).

A partir do enunciado da Terceira Lei de Newton podemos inferir algumas características das forças de ação e reação:

1. Possuem mesmo módulo;
2. Atuam na mesma direção;
3. Têm sentidos opostos;
4. E atuam em corpos diferentes.

As três primeiras características poderiam sugerir que as forças de ação e reação poderiam se equilibrar, mas a quarta característica garante que isso não pode acontecer, já que para haja o equilíbrio mútuo entre as forças, elas deveriam atuar em um mesmo corpo.

### 3.2.5 Forças especiais: força peso, força normal e força de atrito

Na Figura 7, estão representadas duas forças, a força gravitacional que puxa o homem para baixo e a força de apoio que empurra o homem para cima. O peso do homem é o efeito produzido pela ação das duas forças. No equilíbrio o peso possui mesmo valor da força gravitacional. Podemos afirmar que o peso do homem sobre a balança é igual a força que ele exerce sobre a superfície da mesma (HEWITT, 2015).

Figura 7 – Homem medindo o peso dele em uma balança.



Fonte: Hewitt (2015).

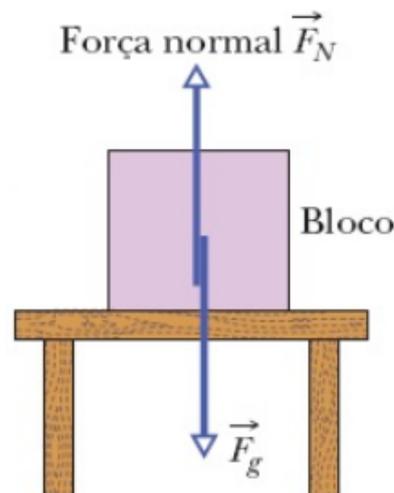
A força sobre um corpo nas proximidades da Terra devido a ação da força gravitacional é  $m \cdot g$ . Agora, quando o corpo estiver sob condição de equilíbrio,  $m \cdot g$  também será seu peso (HEWITT, 2015). Por exemplo, a situação mostrada na Figura 7, o peso do corpo pode ser calculado através da equação 3.4

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} \quad (3.4)$$

Onde  $m \cdot g$  é o módulo da força gravitacional, que nesse caso é igual ao peso  $P$  do corpo.

Em pé sobre um piso uma pessoa está sob a ação da força gravitacional exercida pela Terra, mas permanece em equilíbrio. Então, deve existir uma força atuando no sentido oposto ao da força da gravidade. Esta força é exercida pelo piso, que se deforma sob a ação do peso da pessoa e a empurra para cima. Força como esta aplicada pelo piso é chamada de força normal  $\vec{F}_N$ . De acordo com Halliday *et al.* (2016, p. 255), "Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal  $\vec{F}_N$  que é perpendicular à superfície".

Figura 8 – Bloco sobre uma mesa sob a ação de forças.



Fonte: Halliday *et al.* (2016).

Como podemos observar na Figura 8, a força normal  $\vec{F}_N$  é exercida pela mesa sobre o bloco, com orientação vertical para cima. Outrossim, a força gravitacional  $\vec{F}_g$  é exercida pela Terra sobre o bloco, com orientação vertical para baixo. Dessa forma, as forças se cancelam (HALLIDAY *et al.*, 2016). Considerando, ainda, o sentido para cima como positivo, que o solo seja o referencial utilizado e que  $\vec{F}_g = m \cdot \vec{g}$ , podemos utilizar a Segunda Lei de Newton ( $\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$ ) e escrever a equação 3.6:

$$F_{res} = F_N - F_g = m \cdot a \implies F_N - m \cdot g = m \cdot a \implies F_N = (a + g) \cdot m \quad (3.5)$$

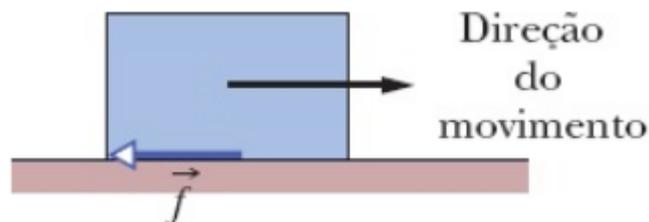
Na situação em que a mesa e o bloco estejam em repouso em relação ao solo, teremos  $a = 0$  e o valor da  $F_N$  será:

$$F_N = m \cdot g \quad (3.6)$$

Portanto, como previsto na Primeira Lei de Newton, o módulo da força normal é igual ao da força gravitacional, ou seja, igual ao módulo do peso do bloco.

Um bloco se move ou tenta se mover sobre uma superfície (Figura 9), nesse momento surge uma resistência devido ao contato entre as superfícies irregulares (rugosas, ásperas) dos corpos. Esta resistência nas palavras de Hewitt (2015, p. 256), "é considerada como uma única força  $\vec{f}$  que recebe o nome de força de atrito, ou simplesmente atrito". Como podemos constatar na Figura 9, ela é sempre tangente às superfícies e atua no corpo em sentido contrário ao movimento ou tendência de movimento do mesmo. Portanto, se o bloco for empurrado para direita ou para a esquerda, a força de atrito atuará sobre o bloco para esquerda no primeiro caso e para direita no segundo.

Figura 9 – Força de atrito que surge do contato entre duas superfícies.



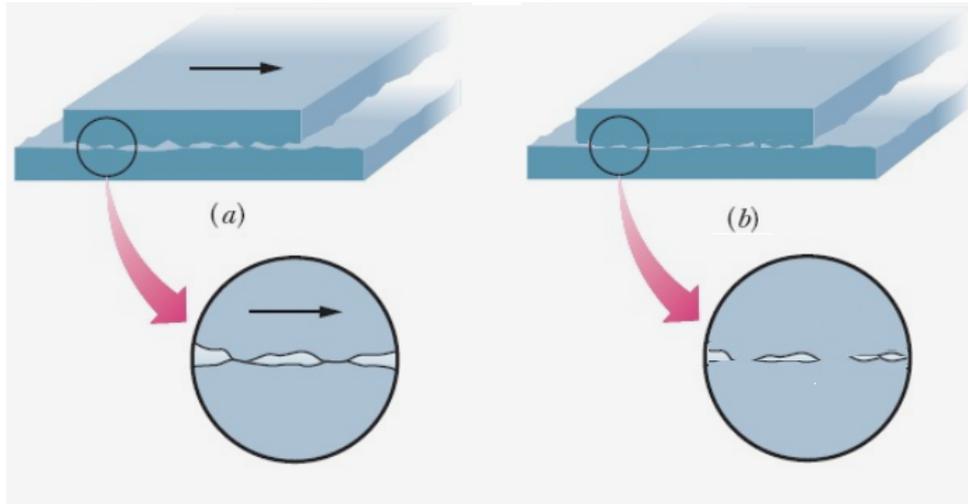
Fonte: Hewitt (2015).

A primeira impressão que temos ao conhecermos um pouco o atrito não é boa. Parece que ele sempre aparece pra dificultar o movimento. Por exemplo, segundo Halliday *et al.* (2016, p. 304), "Cerca de 20% da gasolina consumida por um automóvel é usada para compensar o atrito das peças do motor e da transmissão". Todavia, descobrimos depois que sem o atrito o carro não poderia se mover, nós não poderíamos caminhar, nem segurar objetos em nossas mãos, ou seja, uma infinidades de atividades que seriam impossíveis sem o atrito.

Na Figura<sup>10</sup> 10, podemos ver como funciona o mecanismo do atrito. Na parte (a) da Figura 10, com o corpo em movimento os pontos soldados entre as duas superfícies são reduzidos, diminuindo o atrito. Na parte (b) Figura 10, com o corpo em repouso os pontos de contato aumentam e em consequência aumenta o atrito.

<sup>10</sup> Adaptada de figura disponível em: <https://slideplayer.es/slide/13382071/>. Acesso: 08 jan 2022.

Figura 10 – Irregularidades das superfícies em situação de movimento em (a) e repouso em (b).



Fonte: Site SlidePlayer (2022).

Na parte (a) da Figura 10, temos o atrito cinético, porque a placa de cima desliza em relação a placa de baixo. A intensidade da força de atrito cinético é dada por:

$$f_k = \mu_k \cdot F_N \quad (3.7)$$

Onde  $\mu_k$  é o coeficiente de atrito cinético,  $f_k$  é a força de atrito cinético e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Na parte (b) da figura 10, temos o atrito estático, porque as placas, uma em relação a outra, estão em repouso. Nesse caso, existe uma força  $\vec{F}$  atuando sobre a placa de cima, mas que não consegue colocá-la em movimento. Durante esta fase, a intensidade da força de atrito estático  $\vec{f}_s$  vai variando e assumindo valores iguais ao da força  $\vec{F}$  aplicada sobre a placa. Porém, a força de atrito estático tem um valor máximo que ela pode atingir, que é dado por:

$$f_{smáx} = \mu_s \cdot F_N \quad (3.8)$$

Onde  $\mu_s$  é o coeficiente de atrito estático,  $f_{smáx}$  é a força de atrito estático máximo e  $F_N$  é o módulo da força normal.

Sobre os coeficientes de atrito  $\mu_k$  e  $\mu_s$ , Halliday *et al.* (2016) afirma que: "são adimensionais e devem ser determinados experimentalmente. Seus valores dependem das propriedades tanto do corpo como da superfície". Ademais, a força normal  $F_N$  será tanto maior quanto maior for a pressão do corpo sobre a superfície.

### 3.2.6 Momento Linear e Impulso

Em algumas situações, devemos aplicar uma força em um corpo por um intervalo de tempo mais longo para obtermos os efeitos esperados. Como na situação apresentada na Figura<sup>11</sup>, na qual a aplicação da força deve ser mantida por um tempo suficiente para retirar o carro do atoleiro.

Figura 11 – Forças atuando em um carro atolado.



Fonte: Site Brainly (2021).

Nesse fenômeno, vamos prestar atenção em algumas grandezas físicas que estão envolvidas: força, tempo, velocidade e massa. As duas primeiras que estão relacionadas diretamente com a definição de Impulso e as duas últimas com a definição de Momento linear (GASPAR, 2016).

Figura 12 – Impulso recebido pela bola.



Fonte: Luz e Álvares (2013).

A Figura 12, mostra um jogador de futebol chutando uma bola, a força aplicada por ele

<sup>11</sup> Figura publicada no site Brainly disponível em: <https://brainly.com.br/tarefa/8489358>. Acesso: 09 jun 2021.

na bola atua por um intervalo de tempo, assim, diz-se que a bola recebeu um impulso.

Nas competições de robô de sumô, os robôs são organizados por classes, que consideram dentro as especificações das classes a massa do robô. Quão importante é a massa do robô de sumô para definir o vencedor de um combate?

Para vencer nessa luta, o robô deve manter-se dentro do dojô e empurrar seu adversário para fora do dojô. Assim, quando dois robôs que se deslocam com a mesma velocidade se chocam, levará vantagem aquele que tiver maior massa. Isso acontece porque o robô de maior massa, terá momento linear maior. Nesse caso, o **momento linear** ( $\vec{p}$ ) do robô é o produto entre sua **massa**( $m$ ) e a sua **velocidade** ( $\vec{v}$ ), ou seja: **momento linear = massa x velocidade** (HEWITT, 2015). Como devemos considerar a direção e o sentido que o robô se desloca, a expressão do momento linear fica:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (3.9)$$

Por isso, a organização dos robôs em classes considera principalmente a massa, da mesma forma que em outros esportes de luta como judô, boxe, UFC e o próprio sumô japonês, que inspirou a criação do robô de sumô.

Durante a luta, o momento linear de um robô pode variar. Para que isso aconteça é necessário que ocorra a variação da massa ou da velocidade ou de ambas. Mas, como durante a luta não é permitido acréscimo ou decréscimo de massa, consideramos que a variação do momento linear é devido a variação da velocidade. Então, existe uma aceleração e conseqüentemente uma força atuando sobre o robô. Assim, percebemos que quanto maior for a força aplicada, maior será o momento linear do robô.

Outra grandeza que deve ser considerada é o tempo. Quando uma força atua no robô por pouco tempo o aumento do momento linear é pequeno. Agora, a mesma força atuando por mais tempo produzirá um aumento maior do momento linear. Dessa forma, é definida uma grandeza chamada **impulso** ( $\vec{I}$ ) que é dada pelo produto da **força** ( $\vec{F}$ ) pela **variação do tempo** ( $\Delta t$ ) (HEWITT, 2015). Considerando a direção e o sentido da força, temos na equação 3.10 a expressão matemática do impulso:

$$\vec{I}_F = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (3.10)$$

Portanto, a relação entre a variação momento linear e o impulso é,  $\vec{I}_F = \Delta \vec{p}$ , que mostra que o impulso produz uma variação no momento linear e este pode ser a causa de um impulso.

### 3.3 Possibilidades do Robô de Sumô no Ensino das Leis de Newton

Nesta subseção, apresentamos a robótica, sua origem, sua utilização como ferramenta pedagógica, o robô de sumô e suas possibilidades para o estudo das Leis de Newton fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

#### 3.3.1 Origem da robótica

A ideia de construir máquinas capazes de desempenhar atividades humanas de forma autônoma já era imaginada desde épocas remotas. Na mitologia grega Hefesto, considerado o deus da tecnologia, filho de Zeus e Hera, constrói máquinas humanoides de bronze para auxiliá-lo nas tarefas que ele precisava fazer. A *Ilíada* de Homero, relata a existência de servas de voz "metálica" que auxiliavam o deus Hefesto na construção de armaduras para os guerreiros gregos (NEVESJÚNIOR, 2011).

Aristóteles (322 a.C), já tinha a ideia de colocar máquinas pra trabalharem de forma autônoma para realizar as tarefas repetitivas. Isso se evidencia em uma frase de Aristóteles, conforme citado por SOUZA (2008, p. 1), na qual ele afirma: “Se todo instrumento pudesse, dada uma ordem, trabalhar por si mesmo, como um arco que toca sozinho a cítara, os empreendedores poderiam dispor menos dos trabalhadores e os patrões dos escravos.”

Leonardo da Vinci (1452 - 1519), em 1495, projeta um dispositivo mecânico acoplado dentro de uma armadura de cavaleiro medieval e estas engrenagens mecânicas tinham o objetivo de reproduzir movimentos humanos. Segundo Silva (2009, p. 26):

No projeto, o cavaleiro tem pernas com três graus de liberdade e braços com quatro graus de liberdade (ombro, cotovelo, pulso e mãos). Os braços são controlados por um controlador mecânico analógico programável, localizado no peito. Já as pernas são controladas através de cabos conectados a locais chaves nos tornozelos, joelhos e quadris.

Entretanto, este projeto não foi colocado em prática como aconteceu com muitos projetos de Leonardo da Vinci, pois a tecnologia disponível na época não permitia construí-los.

A denominação robô tem origem na obra de Karel Capek (1890 - 1938), "Rossum's Universal Robots"(R.U.R.), peça de teatro escrita em 1920, onde ele utilizou o termo "robota", que em tcheco significa trabalhador forçado (escravo) e em inglês originou a palavra robot. Nessa peça, os robôs tomavam conta da humanidade e acabavam por exterminar os humanos (LUCIANO, 2014).

Isaac Asimov (1920 - 1992), explorou bastante a ideia dos robôs existente no imaginário humano. Ele escreveu o livro de contos, "Eu, robô" publicado em 1950, que contém as três leis da robótica (ALMEIDA; MESQUITA, 2021).

1 - Um robô não deve ferir um ser humano, ou por omissão, permitir que um ser humano venha a ser ferido;

2 - Um robô deve obedecer ordens dadas por seres humanos, exceto quando essas ordens forem conflitantes com a primeira lei;

3 - Um robô deve sempre proteger sua própria existência, somente enquanto tal proteção não contrariar a primeira ou a segunda leis.

Na realidade elas não são leis, mas diretivas que desejamos que sejam obedecidas em um futuro onde robôs com inteligência artificial se tornem comuns.

### 3.3.2 A Modalidade Robô de Sumô

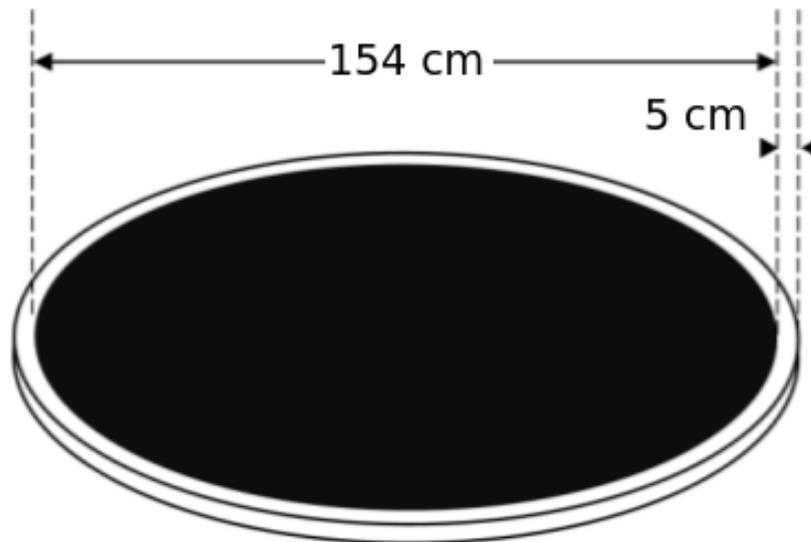
A modalidade robô de sumô tem origem no Japão, inspirada em uma luta tradicional japonesa, em que dois oponentes se enfrentam com o objetivo de empurrar o adversário para fora de uma área circular chamada dohyo, palavra que foi aportuguesada para dojô (NIEDERAUER *et al.*, 2008).

As regras dos combates como na competição Winter Challenge<sup>12</sup>, levam em conta aspectos éticos, comportamental e questões técnicas. Em relação ao robô do nosso estudo que está na categoria 3kg, podemos relacionar algumas das regras da Winter Challenge: a luta acontece em um ringue circular (dojô) de chapa de aço revestida com poliuretano, com bordas brancas e interior na cor preta, com 5,0 mm de espessura e 154,0 cm de diâmetro (Figura 13); o robô deve possuir a largura e o comprimento, de 20 cm cada e a altura é ilimitada; durante a luta, que tem no máximo 3 (três) rounds de 1 (um) minuto cada, os robôs não podem ter peças desprendidas que somem mais de 10g, resultando na derrota no round caso ocorra a situação; os robôs devem começar a se movimentar em não menos que 5 segundos após acionarem o botão.

O robô de sumô pode ser controlado a distância ou autônomo, conforme (CARVALHO *et al.*, 2008): "Um robô autônomo é uma máquina que pode trabalhar sem a ajuda externa". O robô de sumô autônomo do nosso estudo obedece a uma programação que é executado por um microcontrolador contido na placa Arduíno. Possui sensores pra controlar a movimentação no

<sup>12</sup> A Winter Challenge, organizada pela RoboCore, é um dos maiores eventos de robótica na América Latina e sua última edição contou com mais de 400 robôs divididos em 7 categorias. Fonte: <https://events.robocore.net/wcxv/entries>.

Figura 13 – Dojô de sumô de robô (categoria 3 kg).



Fonte: Adaptado de Niederauer *et al.* (2008).

dojô (sensores infravermelho) e sensores para localizar o oponente (sensor ultrassônico). Além disso, conta com um dispositivo chamado de ponte H, que controla o sentido de rotação dos dois motores.

### 3.3.3 A Plataforma Arduino como Recurso Pedagógico

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto formada por hardware e software e uma comunidade muito ativa que a mantém sempre em evolução. Esta comunidade é responsável por uma vasta produção de projetos, que ficam disponíveis na internet (ARDUINO, 2021). A placa do Arduino possui vários recursos para realizar uma prototipagem eletrônica e é projetado com o microcontrolador atmel AVR. O Arduino proporciona a produção de protótipos de forma rápida, fácil e com baixo custo . Por ser um hardware livre e possuir uma grande comunidade de usuários, ele está sempre sendo desenvolvido de modo a tornar-se uma ferramenta cada vez mais poderosa.(KALIL *et al.*, 2013)

O Arduino possui muitas vantagens a começar pela financeira, pois é relativamente barata; é de fácil manipulação, não é necessário ser um especialista em eletrônica ou em programação para produzir projetos utilizando esta plataforma; o Arduino possui código aberto, pois têm hardware e software livres, isso significa que qualquer pessoa pode a partir dele produzir outras versões, distribuir, dentre outras possibilidades. Sobre este tema, explicita McROBERTS (2011, p.20):

A maior vantagem do Arduíno sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Artistas, mais especificamente, parecem considerá-lo a forma perfeita de criar obras de arte interativas rapidamente, e sem conhecimento especializado em eletrônica. Há uma grande comunidade de pessoas utilizando Arduíno, compartilhando seus códigos e diagramas de circuito para que outros os copiem e modifiquem.

O uso educacional da plataforma Arduíno se popularizou pelas vantagens desta plataforma em relação às outras. A facilidade de manuseio torna o Arduíno uma ferramenta que utilizada como método ativo proporcionará ao estudante uma motivação para desenvolver seu potencial criativo, conforme SOUSA (2017, p. 37):

Ao utilizar o Arduíno, além de ter uma experiência inovadora em termos tecnológico, podemos entender o passo – a – passo daquilo que estamos construindo, seja um simples sensor ou até mesmo um robô. Isso faz com que professores que utilizam essa ferramenta tenham um domínio muito maior sobre aquele experimento que estão arquitetando, por exemplo, e isso reflete diretamente em sua aula e consequentemente na aprendizagem dos alunos.

Para o Ensino de Física a plataforma Arduíno se torna bem interessante devido aos vários sensores que podem ser instalados nela, possibilitando a coleta de dados de várias grandezas físicas de maneira prática. Aprofundando o assunto, enfatiza Sousa (2017):

Como pode ser utilizado em conjunto com sensores, o Arduíno se torna uma ferramenta muito útil em experimentos de física. Alguns exemplos disso são os diversos sensores que já são projetados propriamente para o Arduíno: existem sensores de umidade, de temperatura, de campo magnético, de corrente elétrica, de luz, etc. SOUSA (2017, p.38)

Assim, percebemos o grande potencial que tem a plataforma Arduíno na ensino experimental de física. Por sua versatilidade de aplicação nas várias áreas da física e por não exigir dos seus usuários grandes conhecimentos em programação e eletrônica. Além disso, o seu valor acessível, quando comparados com os kits de robótica disponíveis no mercado e sua comunidade forte na internet, que produz grande quantidade de conteúdo, torna o Arduíno uma excelente ferramenta para ser utilizada como recurso pedagógico.

#### 3.3.4 Aprendizagem Significativa de Ausubel

Apesar de está mais ligada ao nome de David Ausubel, o conceito de aprendizagem significativa aparece em muitas outras teorias. Mas foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel que fez esta expressão ficar mais conhecida.

A aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação, encontra na estrutura cognitiva do indivíduo, outra informação que combinem de forma relevante (MOREIRA, 1999). Esta informação contida na estrutura cognitiva, que possui estas características de se combinar de forma relevante, foi chamada por Ausubel de subsunção.

Os conceitos, ideias, informações e a organização desse conteúdo todo é que compõe a estrutura cognitiva. Esta estrutura se modifica a medida que novas informações interagem com as informações que já pertencem a estrutura (MOREIRA, 1999). O conhecimento que forma a estrutura cognitiva é organizado de forma hierárquica de tal modo que os conhecimentos mais gerais, altamente inclusivos ficam no topo, enquanto os conhecimentos mais específicos, menos inclusivos ficam na base desta hierarquia (AUSUBEL, 2003).

Na estrutura cognitiva do aprendiz existem ideias nas quais novas ideias serão ancoradas, ou seja, elas irão se articular de forma não-arbitrária e substantiva. Não-arbitrária significa que as ideias vão interagir (tanto as ideias já existentes na estrutura cognitiva quanto as novas que chegam sofrem modificações) com as ideias ancoradas de forma lógica, explícita, clara. E de forma substantiva ou não-literal, ou seja, o aprendiz deve ser capaz de expressar estas novas ideias com suas próprias palavras (AUSUBEL, 2003).

Para um material ser considerado potencialmente significativo, dois critérios devem ser obedecidos por ele. Primeiro, capacidade de se relacionar de forma não-arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo, ele deve ter condições de se relacionar com a estrutura cognitiva de um aprendiz em particular. Ou seja, este critério depende tanto do material quanto do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Portanto, as condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material utilizado seja potencialmente significativo e haja predisposição do aprendiz para aprender dessa forma.

### 3.3.5 Aplicações e Possibilidades do Robô de Sumô na Aprendizagem Significativa das Leis de Newton

As características da batalha entre robôs de sumô, possibilita explorar os conceitos relacionados às Leis de Newton de uma maneira elegante, sem a necessidade de criar situações artificialmente, já que os fenômenos que acontecem durante a batalha são regidos pelas leis de Newton.

Ademais, o robô de sumô se caracteriza como um material potencialmente significativo, pois as ações de empurrar, parar, mudar de direção, dentre outras manobras executadas pelo robô,

estão presentes no dia a dia deles. Quando, por exemplo, eles utilizam bicicletas, skates, jogam futebol e até mesmo jogos virtuais. Então, essas ideias fazem parte das experiências da maioria dos aprendizes e podem se relacionar de forma **não-arbitrária** e **substantiva** com os conceitos relacionados às Leis de Newton. Nas palavras de Moreira (2011, p.26):

A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, isto é, a algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. É desta interação que emergem, para o aprendiz, os significados dos materiais potencialmente significativos[...].

Como já mencionado anteriormente, o objetivo principal da luta é colocar o adversário para fora do dojô. Dessa forma, um robô deve atacar o oponente empurrando e se defendendo através da execução de manobras para escapar de prováveis invertidas. Para isso, é necessário aplicação de forças para acelerar e desacelerar, nessas ações deve-se considerar a propriedade inércia e a necessidade de alterá-la através da escolha da massa mais adequada para o robô.

Além disso, as forças de ação e reação que atuam entre os pneus do robô e o dojô, devido ao atrito entre as superfícies dos mesmos, podem ser aumentadas através da modificação dos fatores que contribuem para intensificar o atrito entre as superfícies, possibilitando uma melhor tração.

Durante a luta, o momento linear de um robô pode variar. Para que isso aconteça é necessário que ocorra a variação da massa e/ou da velocidade. Mas, como durante a luta não é permitido acréscimo ou decréscimo de massa, consideramos que a variação do momento linear é devido a variação da velocidade. Então, existe uma força atuando sobre o robô e conseqüentemente uma aceleração.

Outra grandeza que deve ser considerada é o tempo. Quando uma força atua no robô por pouco tempo o aumento do momento linear é pequeno. Agora, a mesma força atuando por mais tempo produzirá um aumento maior do momento linear. Dessa forma, é definida uma grandeza chamada **impulso** ( $\vec{I}$ ) que é dada pelo produto da **força** ( $\vec{F}$ ) pela **variação do tempo** ( $\Delta t$ ) (HEWITT, 2015).

Portanto, para melhorar o desempenho do robô de sumô é fundamental conhecer estas grandezas e fazer modificações na estrutura do robô para manipular os valores das mesmas.

## 4 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Neste momento apresentamos cada etapa da sequência didática que usa a robótica para abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton. Isso será consolidado através da utilização dos conceitos físicos para montagem e aprimoramento de robôs de sumô.

Inicialmente, os temas Leis de Newton e robótica serão abordados em atividades separadas, mas a partir do sexto encontro os dois temas se unem em torno do desenvolvimento do robô de sumô. Faremos isso utilizando os conceitos físicos relacionados às Leis de Newton para melhorar a mecânica do robô e a robótica como fator motivador.

Esta sequência didática foi planejada para ser aplicada de forma híbrida, com 16 (dezesesseis) encontros presenciais e atividades remotas de forma assíncrona. Isso se justifica porque a carga horária destinada a Física na formação geral básica, geralmente, é reduzida e não possibilita aplicação deste produto integralmente de forma presencial. Assim, as atividades práticas com manipulação de dispositivos reais, serão feitas presencialmente em 1 (uma) hora/aula semanal, até completar as 16 (dezesesseis) horas/aula. Ademais, este produto pode (e deve) ser aplicado anualmente, assim a cada nova turma mais melhorias serão acrescentadas no robô, dessa maneira ele permanecerá sempre em evolução e a cada ano teremos uma nova geração do robô.

### 4.1 Sequência Didática para Abordar as Leis de Newton Utilizando Robôs de Sumô como Material Potencialmente Significativo

A sequência didática consiste em 16 (dezesesseis) horas/aulas realizadas em 16 (dezesesseis) encontros.

#### 4.1.1 Primeiro Encontro: aplicação do pré-teste.

**Aplicação do pré-teste sobre Conhecimentos Prévios e Conceitos Intuitivos das Leis de Newton; Comunicar aos participantes sobre o link para acessar o google forms e responder o questionário II.**

Neste primeiro momento, após a apresentação do produto educacional a ser desenvolvido e do esclarecimento de possíveis dúvidas, aplica-se o pré-teste para verificar os conhecimentos prévios e os conceitos intuitivos dos alunos sobre as Leis de Newton (ANEXO A). Na 3.1.1 [Force Concept Inventory \(FCI\)](#), apresentamos as informações sobre este pré-teste.

Abaixo, seguem as orientações para aplicação do pré-teste, que devem ser seguidas de forma rigorosa para não comprometer os dados coletados.

### **ORIENTAÇÕES PARA APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE (ANEXO A)**

1. Fornecer uma cópia impressa do pré-teste pra cada aluno, verificando se a mesmo contém todas as questões;
2. Após o cabeçalho deve constar todas as instruções necessárias para realização do pré-teste;
3. O professor não deve, em hipótese nenhuma, oferecer dicas para solução das questões;
4. O pré-teste é individual e não é permitido qualquer tipo de consulta. Os alunos devem ficar afastados uns dos outros para impedir qualquer tipo de comunicação entre eles;
5. O tempo previsto para conclusão do pré-teste é 50 minutos;
6. O aluno deve assinalar apenas uma opção em cada questão e não devem deixar nenhuma questão sem responder;
7. As respostas dos alunos devem refletir o que ele pensa com base em estudos anteriores e as experiências do dia a dia dele. O aluno não deve tentar adivinhar as respostas, ou seja, ele não deve tentar "chutar" as respostas;
8. As questões não devem ser divulgadas nem discutidas com os alunos. O professor deve guardar as cópias aplicadas para que somente ele tenha acesso. Dessa forma, sem a divulgação das questões, elas poderão ser utilizadas em outras oportunidades sem a perda da confiabilidade.

Além das instruções apresentadas acima, temos que o pré-teste é composto por quatorze questões relacionadas às Leis de Newton. A dinâmica da aplicação consiste na distribuição do material impresso do pré-teste pra cada aluno, em seguida fizemos a leitura e a cada questão lida as dúvidas eram esclarecidas<sup>1</sup> e por fim eram concedidos 20 segundos para os alunos escolherem uma das cinco opções. E assim foi feito com cada questão, sendo 50 minutos o tempo total para aplicação do pré-teste.

De posse dos pré-testes, após o término do primeiro encontro, o professor analisará, minuciosamente, as respostas para detectar conceitos subsunçores e os conceitos intuitivos dos alunos relacionados com os conceitos da mecânica newtoniana, com o intuito de utilizá-los no

---

<sup>1</sup> Somente esclarecimento de dúvidas que não contribuam para a resolução da questão, por exemplo, uma palavra ilegível, o significado de uma palavra e outros.

desenvolvimento das atividades. Para isso, o professor deve utilizar os quadros 1, 2 e as respostas dadas ao pré-teste para verificar se os alunos usam as concepções da mecânica newtoniana ou conceitos intuitivos para responder as questões. O quadro 1 apresenta os numerais que identificam as questões do pré-teste e do pós-teste e o correspondente conceito newtoniano mais relevante abordado em cada uma delas.

Quadro 1 – Questões dos Testes e os Respectivos Conceitos Abordados

CONCEITOS DE NEWTONIANOS	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
Cinemática	01, 06, 10, 13	01, 12, 13
Primeira Lei de Newton	04, 05, 07, 08 12	04, 08, 09
Segunda Lei de Newton	03, 09, 11	03, 05, 06, 07, 10, 11
Terceira Lei de Newton	02, 14	02, 14

Fonte: Adaptado de Fernandes (2011) e Han *et al.* (2015)

Além disso, temos o quadro 2 com os conceitos intuitivos mais utilizados pelos alunos de física na resolução das questões do FCI, conforme estudo de Hestenes. De acordo com Brutti *et al.* (2000), os conceitos intuitivos surgem e se fortalecem basicamente da interação com o mundo físico e são ampliado com base na experiência, através de modelos restritos e complementares.

Portanto, caso seja constatado que os alunos não possuem os conceitos subsunçores para ancorar os novos conhecimentos sobre as Leis de Newton, é necessário usar um **organizador prévio**, que será aplicado no terceiro encontro da nossa sequência didática. Voltaremos a falar sobre o organizador prévio no segundo encontro, na subseção 4.1.3.

Encerra-se este encontro, lembrando aos participantes sobre o link que será enviado através do e-mail ou whatsapp, para eles acessarem o google forms e respondam o questionário II (APÊNDICE C), sobre ferramentas digitais.

4.1.2 Segundo Encontro: Aplicação do questionário I; simulador Tinkercad e placa Arduino.

**Questionário (I) para detectar informações sobre os participantes da pesquisa (08 minutos); apresentação e aplicação do simulador Tinkercad e da placa Arduino (40 minutos).**

Neste encontro, prepara-se a sala montando computador e o data show e acessando<sup>2</sup> o site do Tinkercad para fazer a apresentação do simulador de circuitos elétricos e organiza-se os

<sup>2</sup> Acessamos a internet usando dados do celular e funcionou a contento.

Quadro 2 – Uma taxonomia de conceitos intuitivos sondados pelo FCI

CONCEITO INTUITIVO	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
<b>Cinemática</b>		
Não discriminação entre posição e velocidade	13B,D	—
Não discriminação entre velocidade e aceleração	13A	13B,C,D
Composição não vetorial da velocidade	6C	—
Sistema de referência egocentrado	—	12A,B
<b>Ímpetus</b>		
Necessidade de uma força para haver movimento	3C,D,E; 5D; 8B,C	3B,D,E
Perda e recuperação do ímpetus original	5C,E	4D; 6A
Dissipação do ímpetus	7C; 9A,B,C; 10C,D,E	12E; 8D; 9C,E
Acúmulo gradual ou atrasado do ímpetus	7B,D; 11C	6D;8E;9B;11C
Ímpetus circular	4A	4A,D
<b>Força Ativa</b>		
Somente agente ativo exerce força	2D; 12E; 14B	14B
Velocidade proporcional à força aplicada	11A	7A; 11A
Força causa aceleração à velocidade terminal	11D	7D; 11D
Desgaste da força ativa	—	7C,E
Movimento implica em força ativa	—	5D
<b>Par Ação e Reação</b>		
Maior massa implica em maior força	2B; 12C; 14D	2A,D; 14D
O agente mais ativo produz a maior força	2C;14D	14D
<b>Concatenação de influências</b>		
Maior força determina o movimento	12A,D	10E
A combinação das forças determina o movimento	4D;10A	4C; 6C; 8B;12C
A última força que atua determina o movimento	5A; 6B	6B; 8C
<b>Outras influências no movimento</b>		
Força centrífuga	3E; 4C,D,E	4C,D,E; 5E
Obstáculos não exercem força	3A; 8A,B; 2E	2C; 3A; 5A
Só existe movimento se a força superar a resistência	—	10A,B,D;
A gravidade é intrínseca à massa	9E	—
Resistência que se opõe à força/ímpetus	—	11B
A gravidade atua depois que o ímpetus é gasto	10C,D,E; 9B	12E
Objetos pesados caem mais rápido	1B,D	1B,D

Fonte: Adaptado de Hestenes *et al.* (1992) e Fernandes (2011)

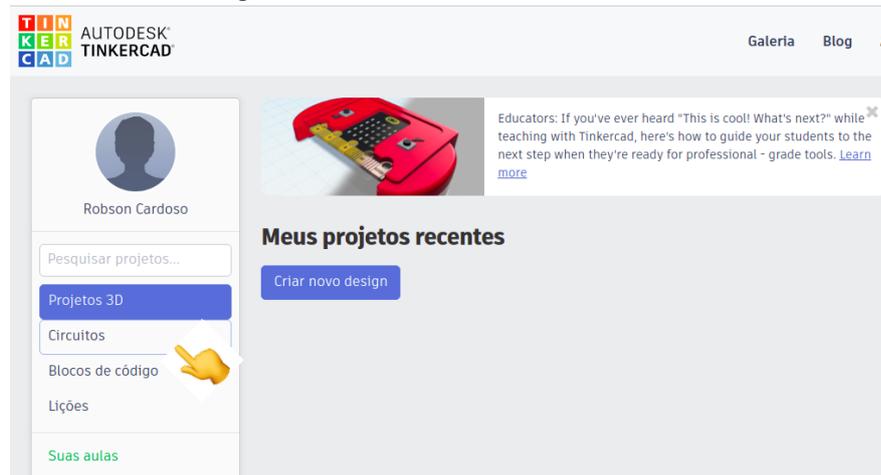
dispositivos eletrônicos reais para montagem o pisca LED.

Inicialmente, aplicamos um questionário I (APÊNDICE B), que contém 05 (cinco) questões para detectar informações sobre os participantes da pesquisa, que são úteis para as tomadas de decisões sobre o desenvolvimento das atividades. Cada aluno recebeu uma cópia escrita do questionário e após as instruções, eles responderam e nos devolveram.

Na sequência, apresentamos o simulador Tinkercad descrevendo como ele pode ser utilizado para criar projetos virtuais de robótica, que posteriormente podem ser montados com

dispositivos reais. Para utilizar o simulador Tinkercad, primeiro deve-se fazer a inscrição no seguinte endereço: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com). Após fazer a inscrição, seleciona-se a opção "circuitos" na tela inicial, como está indicado na Figura<sup>3</sup> 14.

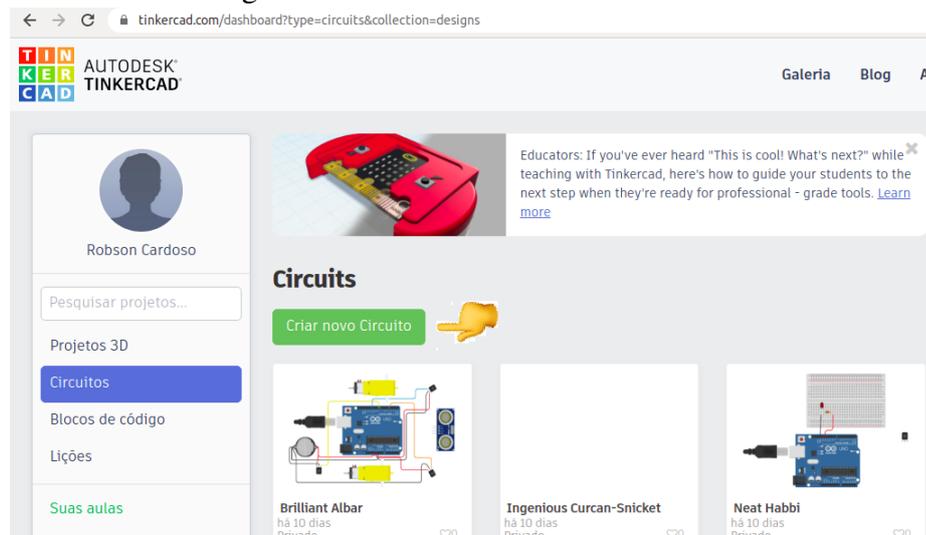
Figura 14 – Tela inicial do Tinkercad.



Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

Em seguida, aparecerá a tela apresentada na Figura<sup>4</sup> 15, seleciona-se a opção "criar novo circuito" como está indicado. Nesta tela, também ficam organizados os projetos que vão sendo produzidos.

Figura 15 – Tela do Tinkercad circuitos.



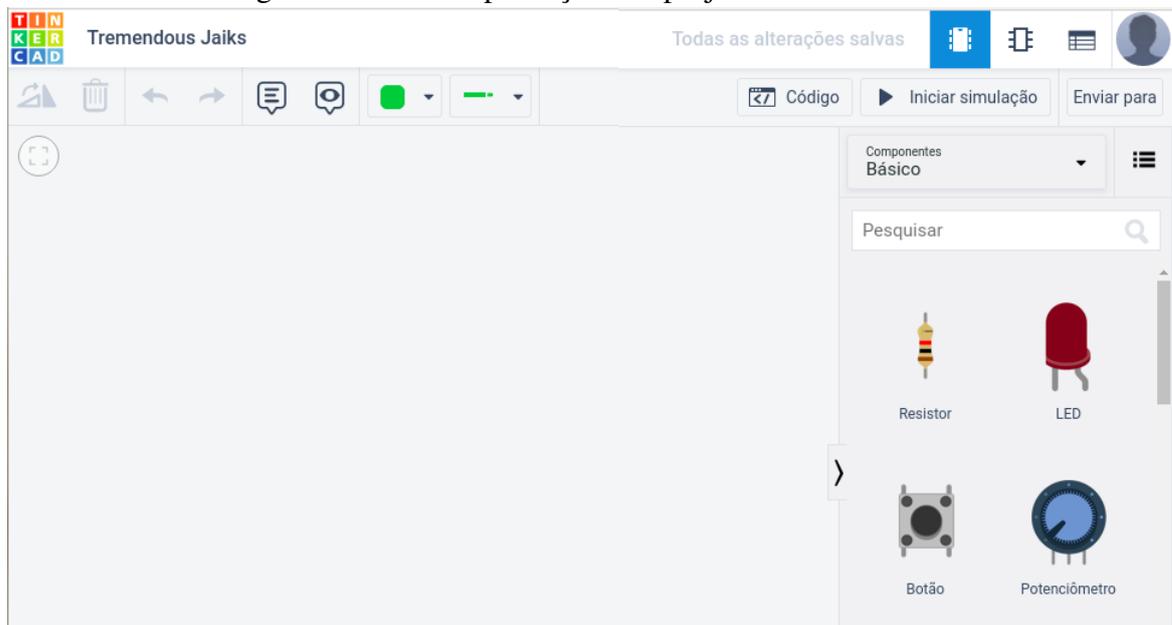
Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

<sup>3</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard>. Acesso em: 20 out 2021.

<sup>4</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/dashboard?type=circuitscollection=designs>. Acesso em: 20 out 2021.

Na Figura<sup>5</sup> 16, apresenta a tela onde são desenvolvidos os projetos no Tinkercad. No lado direito temos os dispositivos, que utiliza-se da seguinte forma: clica-se em cima do dispositivo escolhido com botão esquerdo do mouse (ou do touchpad do notebook), mantendo o botão pressionado, arraste-o para meio da tela onde o circuito será montado. Então, a partir dos projetos como o da Figura 17, é possível reproduzir a montagem do circuito eletrônico e o sketch (código de programação em blocos), pois a utilização dos comandos do simulador Tinkercad é bem amigável.

Figura 16 – Tela de produção dos projetos do Tinkercad.



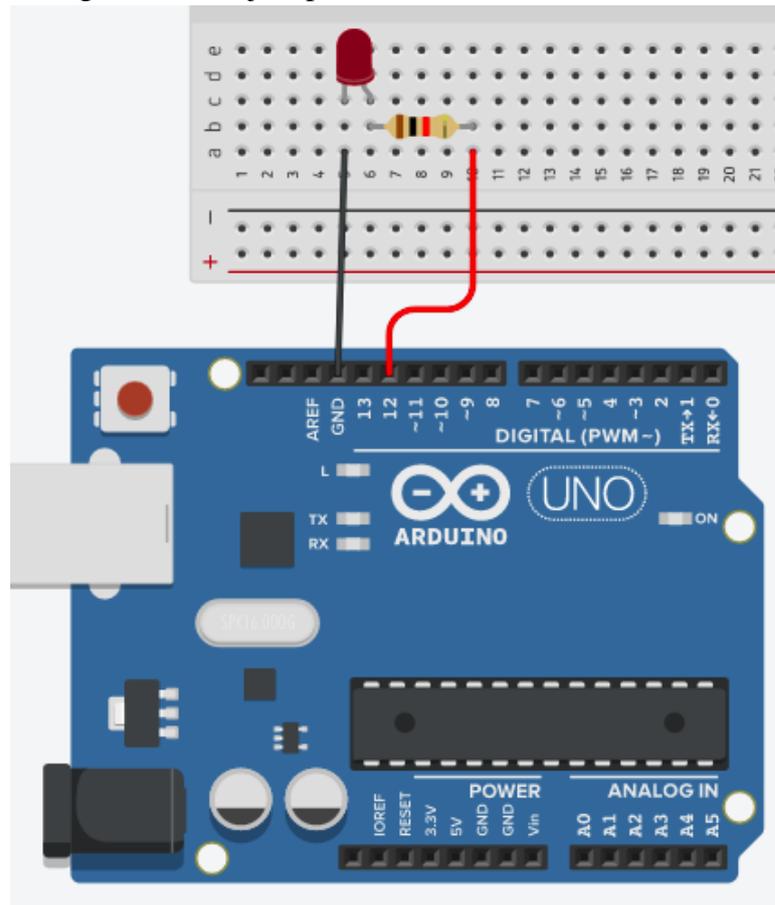
Fonte: Site do simulador Tinkercad (2021).

Dando continuidade a atividade, a turma foi dividida em quatro equipes e cada equipe recebeu uma placa Arduíno, um LED, um resistor de 300 ohms e jumpers ( fios pra fazer a ligação). Em tempo real, montamos o circuito no Tinkercad e os participantes com os dispositivos reais reproduziam cada passo do projeto.

Na Figura 17, temos o GND conectado ao terminal negativo do LED e o terminal positivo está ligado ao resistor e neste é feita a conexão com o pino digital 12 (doze) da placa Arduíno. Vale ressaltar que, como todo diodo, o LED só permite a passagem de corrente em um único sentido. Dessa forma, para que o LED acenda é importante seguir rigorosamente as instruções de ligação apresentadas acima e na Figura 17.

<sup>5</sup> Fonte site do Tinkercad disponível em: <https://www.tinkercad.com/things/gsaHSuVTFvd-tremendous-jaiks/editel?tenant=circuits>. Acesso em: 20 out 2021.

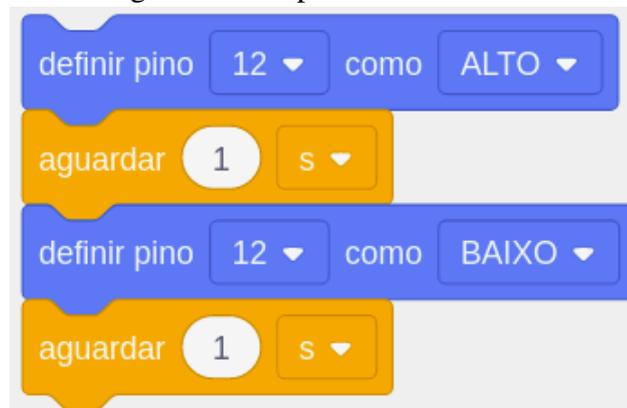
Figura 17 – Projeto pisca LED no Tinkercad circuitos.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 18, temos o primeiro bloco (cor azul) que define o pino 12 (doze) como ALTO, ou seja, o LED está ligado. O segundo bloco (cor laranja) informa que o LED permanecerá ligado por 1 (um) segundo. O terceiro bloco, define que o pino 12 (doze) como BAIXO, ou seja, o LED está desligado. E o último bloco, informa que o LED ficará desligado por 1 (um) segundo.

Figura 18 – Código em bloco pisca LED no Tinkercad circuitos.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 19, temos o sketch na forma de texto e na função void setup a declaração que o pino 12 (doze) está programado como output (saída), ou seja, desse pino sai a informação com o comando pro LED ligar ou desligar. Os comandos da função void loop se repetem enquanto a placa Arduino estiver ligada. Por exemplo, o primeiro comando é para ligar o LED, o segundo é para o LED ficar ligado por 1 segundo, o terceiro manda o LED desligar, o quarto é para o LED ficar apagado por 1 segundo e a partir daí estes comandos se repetem enquanto a placa estiver ligada.

Figura 19 – Código em texto pisca LED no Tinkercad circuitos.

```

1 // C++ code
2 //
3 void setup()
4 {
5   pinMode(12, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(12, HIGH);
11  delay(1000); // wait for 1000 millisecond(s)
12  digitalWrite(12, LOW);
13  delay(1000); // wait for 1000 millisecond(s)
14 }

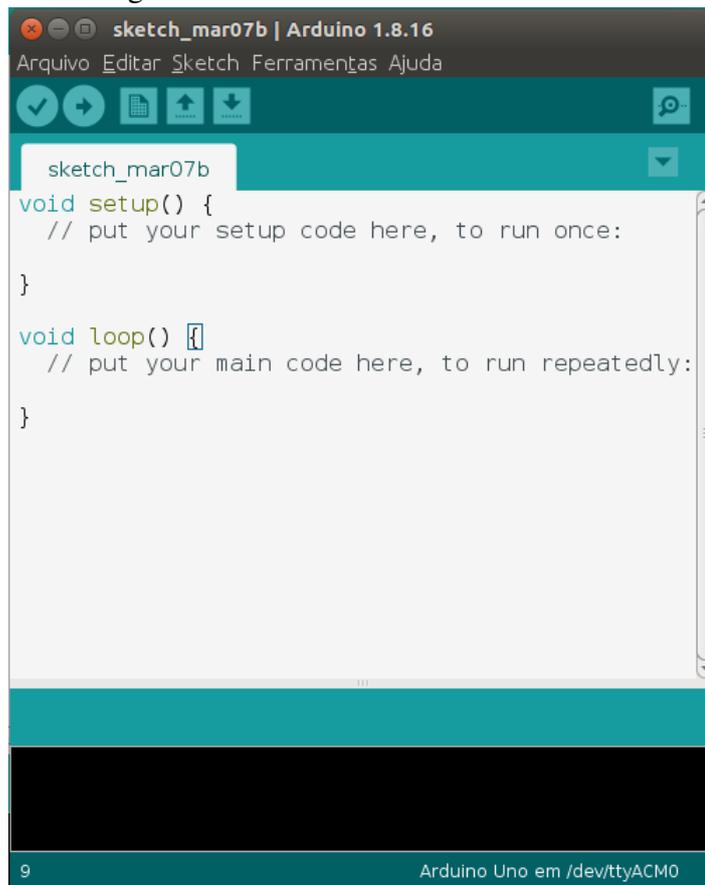
```

Fonte: Próprio autor (2022).

Após a montagem do circuito e a elaboração do sketch, deve ser feita a conexão entre a placa Arduino e o computador para carregar o sketch na placa, ou seja, para transferi-lo do IDE do Arduino para a placa. Para fazer isso, deve-se copiar o sketch na forma de texto que foi produzido no Tinkercad, por exemplo, o sketch mostrado na Figura 19. A tela inicial do IDE Arduino já aparece com a estrutura de texto do sketch, void setup e void loop (Figura 20). Deve-se apagar esta estrutura de texto e depois com a tela limpa colar o sketch que foi copiado do Tinkercad.

O próximo passo é examinar se o sketch possui erros, isso é feito através do botão "verificar", que está no lado esquerdo no alto da tela, junto com outros comandos do Arduino (Figura 20). Estes mesmos comandos (**verificar, carregar, novo, abrir, salvar e monitor serial**) estão destacados na Figura 21, com uma breve descrição da função que cada um desempenha. Após verificar o sketch, conecta-se o computador à placa Arduino do projeto pisca LED utilizando

Figura 20 – Tela inicial do IDE Arduino.



Fonte: Capturado da tela inicial do IDE Arduino.

o cabo USB. Em seguida, deve-se confirmar, na opção "ferramentas", se a placa selecionada é **Arduino Uno**. Então, carrega-se o sketch na placa Arduino acionando o botão "carregar". Em poucos segundos o processo de carregamento é concluído e o LED do circuito deve começar a piscar.

Figura 21 – Principais comandos do do IDE Arduino.

-  **Verificar**  
Verifica se seu código tem erros.
-  **Carregar**  
Compila seu código e carrega para a placa Arduino.
-  **Novo**  
Cria um novo Sketch.
-  **Abrir**  
Apresenta um menu de todos os sketches já existentes.
-  **Salvar**  
Salva seu Sketch.
-  **Monitor Serial**  
Abre o monitor serial.

Fonte: Comandos do IDE Arduino.

A combinação destas duas ferramentas, o Tinkercad que possibilita a criação de projetos virtuais e a plataforma Arduíno que viabiliza a construção do projetos reais, se apresenta como um poderoso recurso para o processo de ensino e aprendizagem.

#### 4.1.3 Terceiro Encontro: Organizador prévio; Formação das equipes; Primeira Lei de Newton.

##### **Organizador prévio (25 minutos); Formação das equipes (10 minutos); Texto sobre a Primeira Lei de Newton (15 minutos).**

Neste encontro, o professor deve ter decidido, a partir da análise das respostas dadas ao pré-teste, se os alunos possuem os conceitos subsunçores para o estudo das Leis de Newton e se é necessário ou não usar o organizador prévio. Em caso afirmativo, inicia-se a atividade com o jogo digital Newtônia, que será utilizado como organizador prévio.

O **Jogo Digital Newtônia**, disponível em [fisicagames.com.br](http://fisicagames.com.br), foi desenvolvido por (SILVA, 2020) e relatado na sua dissertação de mestrado. As situações do jogo foram criadas a partir de questões do Force Concept Inventory (FCI), pra atuar como **organizador prévio**, ou seja, para possibilitar a formação de ideias âncoras e o desenvolvimento da aprendizagem significativa das Leis de Newton (SILVA, 2020). O jogo é bem intuitivo e os comandos são bem simples. Na tela inicial do jogo têm duas opções: iniciar ou sair. Após clicar em iniciar, os comandos no teclado para jogar são: seta para direita, o personagem anda para direita; seta pra esquerda, o personagem anda para esquerda; barra de espaço, o personagem pula.

E por fim, apresentou-se um vídeo<sup>6</sup> com todas as fases do jogo Newtônia, identificando as situações do jogo relacionadas com as Leis de Newton e orienta-se os alunos para utilizarem o jogo como atividade extraclasse. Ademais, enviamos um questionário (APÊNDICE D) via google forms sobre o Newtônia para reforçar as situações importantes do jogo.

Dessa forma, caso não seja utilizado o organizador prévio, este encontro terá início com a formação das equipes. Serão formadas quatro equipes com três ou quatro componentes cada. Os critérios para formação das equipes devem levar em conta as informações colhidas no pré-teste e no questionário II aplicado no primeiro encontro e enviado pelo google forms, respectivamente. Dessa forma, procuramos tornar a equipe o mais heterogênea possível, por exemplo, alunos com habilidades semelhantes devem compor equipes diferentes.

<sup>6</sup> Este vídeo está disponível no youtube através do link: <https://youtu.be/JfqNwSQuiU0>

## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Em seguida o professor abordará a Primeira Lei de Newton, utilizando trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e não newtonianos detectadas no pré-teste. Após a leitura e discussão do texto encerra-se o terceiro encontro. Ademais, antecipadamente envia-se um vídeo<sup>7</sup> para os alunos com uma leitura comentada do texto para que os participantes tenham a oportunidade de explorar o texto de forma antecipada.

**Primeira Lei de Newton: Todas as coisas permanecem em repouso ou se movem em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas.**

Bem, a primeira parte da lei é simplíssima. Tudo o que não está se movendo só vai se mover se alguma coisa lhe der um empurrão. Fácil.

A segunda parte é mais interessante. Diz que todas as coisas que estão em movimento continuarão se movendo para sempre em linha reta na mesma velocidade, a não ser que uma força aja sobre elas. Imagine que você esteja num carro, numa velocidade constante, numa estrada reta e plana. Se você fechar os olhos e tapar os ouvidos, não será capaz de dizer em que velocidade está se movendo — pode ser até que nem saiba se está parado ou não. Isso porque não há nenhuma força agindo sobre você e você pode ficar confortavelmente sentado no seu banco.

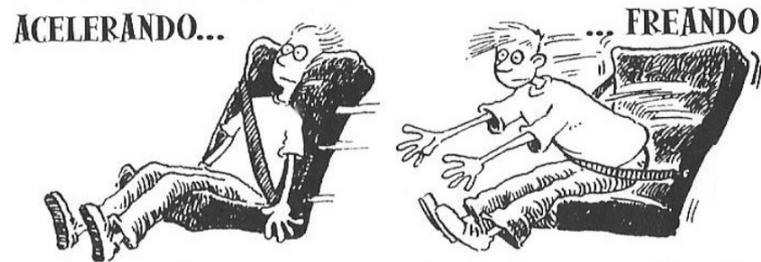
Se de repente o carro acelerar, você vai perceber, porque se sentirá empurrado para trás no seu banco pela força que vai agir sobre você. Claro, depois que o carro alcançar a velocidade mais rápida e parar de acelerar, você não sentirá mais essa força. Se o carro frear de repente, a velocidade rapidamente diminuirá e você vai se sentir lançado para a frente. É por isso que você deve usar o cinto de segurança: ele proporciona a força necessária para reduzir sua velocidade.

Se o carro fizer curvas, você também vai sentir, porque será jogado para um lado ou outro pelas forças que vão agir então.

Se você for a uma dessas montanhas-russas que fazem loops, ela vai acelerar você, desacelerar você, empurrar você não só para o lado mas também verticalmente, quando você

<sup>7</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/5oeuQqM42tM>

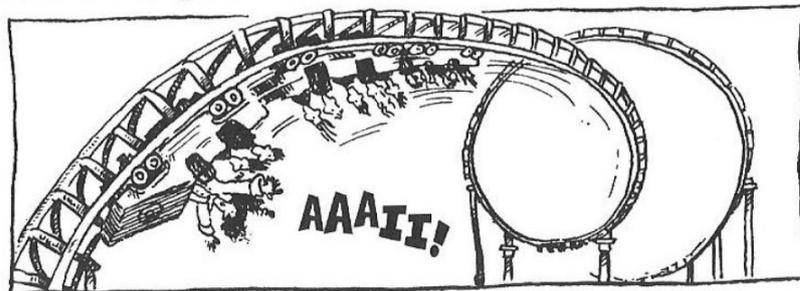
Figura 22 – Efeitos da variação brusca da velocidade.



Fonte:Poskitt (2009).

virar de cabeça para baixo no loop. Quer dizer, você vai sentir uma porção de forças, que provêm das mais diferentes direções, agindo sobre você, e é isso que torna o brinquedo tão excitante!

Figura 23 – Movimento de uma montanha-russa.

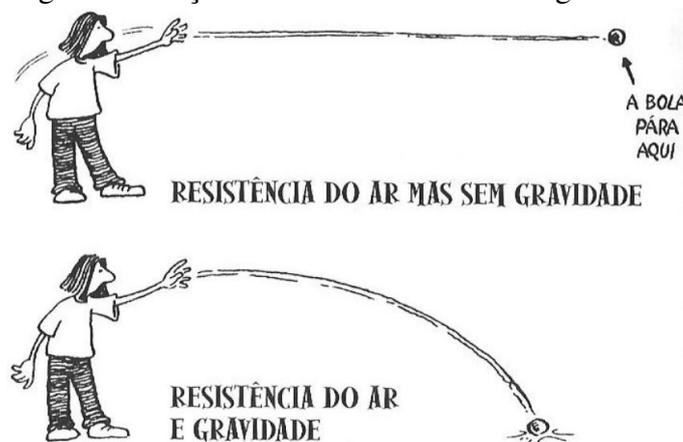


Fonte:Poskitt (2009).

Recapitulando: quando se acelera, se desacelera ou se faz uma curva, sempre tem uma força agindo. É essa a Primeira Lei de Newton.

Tem outra ideia mais interessante ligada a ela: Se a gente atirar uma bola para a frente, duas forças estarão agindo sobre ela enquanto ela se afasta. A resistência do ar reduz gradativamente a velocidade da bola, e, ao mesmo tempo, a gravidade puxa a bola para o chão.

Figura 24 – Ação da resistência do ar e da gravidade.



Fonte:Poskitt (2009).

Não fossem essas forças, a bola voaria em linha reta sem parar até o fim do universo!

Figura 25 – Trajetória de uma bola arremessada.



Fonte:Poskitt (2009).

Essa é boa, hein?

4.1.4 Quarto Encontro: Projeto de robótica - semáforo para veículos; Segunda Lei de Newton.

**Projeto de robótica - semáforo para veículos (35 minutos); Discussão de texto sobre a Segunda Lei de Newton (15 minutos).**

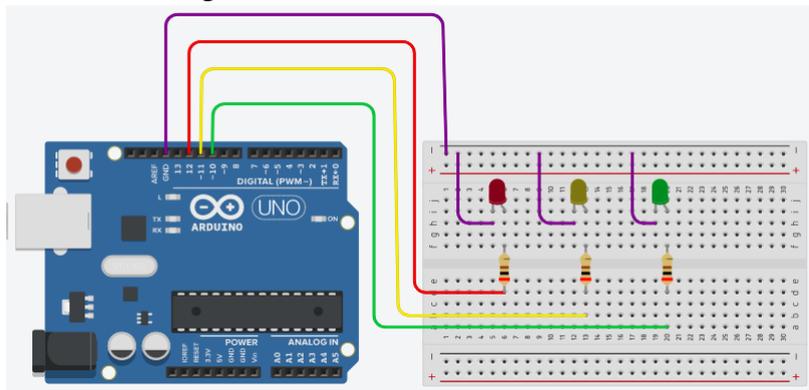
Neste encontro, as equipes que foram formadas no encontro anterior, devem montar o circuito de um semáforo, possibilitando mais aprendizagens sobre a placa Arduino. Deve ser enviado para as equipes, de forma bem antecipada um vídeo,<sup>8</sup> mostrando a simulação da montagem do circuito utilizando o Tinkercad. No vídeo, também mostra-se a elaboração do código de programação (sketch) em blocos, que automaticamente gera o código de programação em texto, o qual deve ser explicado linha por linha. Finalmente, faz-se a simulação do semáforo pra verificar se está funcionando conforme esperado.

Usando o data show e utilizando os dados móveis do celular para acessar o site do Tinkercad, faz-se o passo a passo da montagem do circuito através do simulador. Dessa forma, os participantes acompanham e montam o semáforo com os dispositivos reais.

Para a montagem do circuito de simulação do semáforo é necessário uma placa Arduino, três LEDs nas cores vermelha, amarela e verde, três resistores de 200 ohms, uma placa de ensaio (protoboard) e jumpers (fios para conectar os componentes do circuito). A Figura 26 apresenta o esquema das ligações do circuito do semáforo configurado no Tinkercad.

<sup>8</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/ZmN2b-3xZiE>

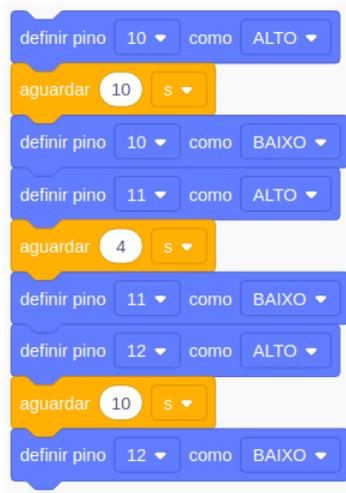
Figura 26 – Circuito de um semáforo.



Fonte: Próprio autor (2020).

O código de programação em blocos para o circuito do semáforo é mostrado na Figura 27, de tal modo que o LED verde permanece acionado por 10 segundos, em seguida, o amarelo por 4 segundos e por último o vermelho por 10 segundos. A partir desse momento o verde é acionado novamente e processo começa a se repetir.

Figura 27 – Código de programação em bloco do projeto semáforo.



Fonte: Próprio autor (2020).

De forma mais detalhada, o que acontece é o seguinte: o primeiro bloco azul define o pino 10 como ALTO (ligado), este comando acende o LED verde, que está conectado ao pino 10. O segundo bloco, que é amarelo, manda o LED verde permanecer aceso por 10 segundos.

O terceiro bloco define o pino 10 como BAIXO (desligado), este comando apaga o LED verde. E imediatamente, o LED amarelo acende, porque o bloco seguinte define o pino 11 como ALTO (ligado). O quinto bloco ordena que o LED amarelo permaneça ligado por 4 segundos.

O sexto bloco traz um comando que desliga o LED amarelo e o sétimo bloco de forma instantânea liga o LED vermelho, porque ele define o pino 12 como ALTO. O oitavo bloco

manda o LED vermelho permanecer acionado por 10 segundos e o último bloco faz o LED vermelho apagar.

Como estes comandos estão na função void loop, ao chegar no último bloco, instantaneamente, o programa volta a fazer a leitura do primeiro bloco, acendendo o LED verde novamente e esses comandos vão ficar se repetindo enquanto a placa Arduino estiver ligada. A Figura 28 traz o sketch<sup>9</sup> do projeto semáforo, só que utilizando a configuração do código de programação em texto.

Figura 28 – Código de programação em texto do projeto semáforo.

```

1 void setup()
2 {
3   pinMode(10, OUTPUT);
4   pinMode(11, OUTPUT);
5   pinMode(12, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(10, HIGH);
11  delay(10000); // Wait for 10000 millisecond(s)
12  digitalWrite(10, LOW);
13  digitalWrite(11, HIGH);
14  delay(4000); // Wait for 4000 millisecond(s)
15  digitalWrite(11, LOW);
16  digitalWrite(12, HIGH);
17  delay(10000); // Wait for 10000 millisecond(s)
18  digitalWrite(12, LOW);
19 }

```

Fonte: Próprio autor (2020).

Após a conclusão da montagem do semáforo, copia-se o sketch na forma de texto criado no Tinkercad e acessa-se o IDE<sup>10</sup> do Arduino onde deve ser colado o sketch, depois clica-se em verificar, se estiver tudo certo, carrega-se o sketch na placa Arduino através do cabo USB.

## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Dando continuidade a apresentação das Leis de Newton, nesse encontro o professor abordará a Segunda Lei de Newton utilizando um trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e

<sup>9</sup> Sketch é o nome que o Arduino usa para código de programação.

<sup>10</sup> Integrated Development Environment, que em português significa: Ambiente de Desenvolvimento Integrado. Ou seja, é o ambiente onde é feita os sketches (código de programação) para a placa Arduino.

não newtonianos detectadas no pré-teste. Um vídeo<sup>11</sup> com a leitura e comentários desse texto, deve ser enviado de forma antecipada para os alunos.

**Segunda Lei de Newton: A mudança de movimento depende da intensidade da força.**

Já tentou empurrar sozinho um carro? No começo, para movê-lo, você tem de empurrar com muita força. Isso porque o carro está ganhando velocidade, em outras palavras, está acelerando — o que consome força. Quando o carro atingir a velocidade que você deseja, você já não precisará empurrar com tanta força para que ele continue andando. (Quando o carro estiver andando rápido o suficiente, você só precisará fazer força para empurrar o ar para fora do caminho e superar o atrito das rodas.)

Figura 29 – Influência da força e da massa na aceleração.



Fonte: Poskitt (2009).

Se você dispuser de alguém para ajudá-lo, o carro vai receber o dobro de força — e você vai ver que ele ganhará velocidade duas vezes mais rápido. Já se você empurrar dois carros, eles só vão ganhar a metade da velocidade.

Essa lei tem uma fórmula que provavelmente é a fórmula mais importante da física:

**Força = Massa X Aceleração** ou **F = MA**, para abreviar

Claro que não fica nada claro escrever uma coisa como “força igual a massa vezes aceleração” sem explicá-la, por isso na primeira parte dos Principia Isaac tomou o cuidado de

<sup>11</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/rMvnOr18mJE>

dizer com exatidão o que cada palavra significa. Vamos descobrir:

### ACELERAÇÃO

Já vimos o que é aceleração quando falamos do Galileu: significa com que rapidez sua velocidade está mudando. Imagine que você esteja indo a um metro por segundo, um segundo depois a dois metros por segundo, um segundo depois a três metros por segundo... A sua velocidade estará aumentando um metro por segundo a cada segundo ou, como se costuma dizer — muito confusamente, convenhamos —, um metro por segundo por segundo. Você pode escrever assim:  $1\text{m/s}^2$ , o que só complica um pouco mais as coisas, de modo que vamos em frente...

### MASSA (e como perder peso facilmente!)

Hoje em dia, a massa é medida em quilogramas. Ela depende do volume e da densidade do objeto, ou, em palavras mais simples, do tamanho e da consistência dele.

Imagine que você tenha um tijolo e uma esponja do mesmo tamanho. O tijolo vai ter muito mais massa, porque é mais denso. Claro, se sua esponja fosse mil vezes maior que o tijolo, seria mais pesada, porque você teria muito mais esponja.

O esquisito é que massa não é a mesma coisa que peso. Você pode verificar isso pessoalmente: basta ter uma balança e um foguete espacial. Faça o seguinte:

1. Suba na balança e veja qual o seu peso — por exemplo, 50 kg.

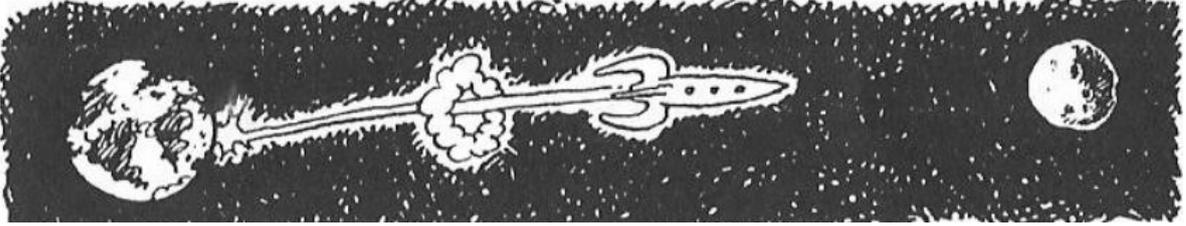
Figura 30 – Menina medindo o peso dela na Terra.



Fonte: Poskitt (2009).

2. Pegue sua balança, entre no foguete e voe até a Lua.

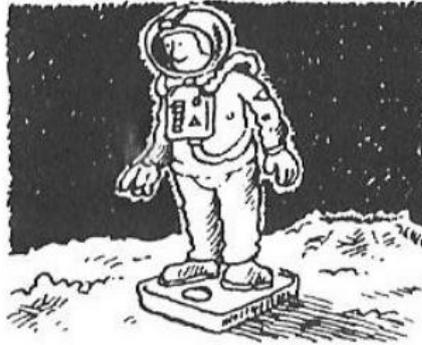
Figura 31 – Foguete viajando pra Lua.



Fonte: Poskitt (2009).

3. Quando descer na Lua, suba de novo na balança. Você vai ver que seu peso é mais ou menos 8 kg. Nossa!

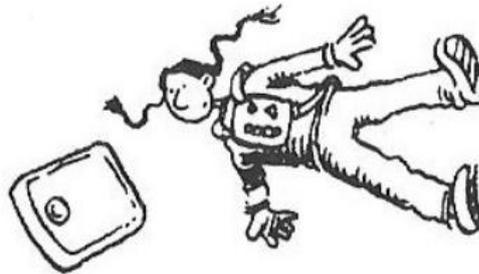
Figura 32 – Menina medindo o peso dela na Lua.



Fonte: Poskitt (2009).

4. Volte para casa no foguete, mas enquanto estiver no espaço, experimente subir na balança. Aí vai ser moleza, porque você estará flutuando e, claro, seu peso será zero!

Figura 33 – Menina dentro da nave medindo o peso dela.



Fonte: Poskitt (2009).

O que aconteceu? Por que seu peso diminuiu? Será que alguém tirou tudo o que existe dentro do seu corpo?

Claro que não. O que é difícil de entender é que o peso é uma força. Quando você sobe numa balança, na verdade ela não mede sua massa, mas a força dos seus pés empurrando para

baixo. Essa força vem da gravidade da Terra, que puxa sua massa para o chão. Na Lua, tem muito menos gravidade puxando sua massa para baixo, por isso a balança mostra uma força menor. No espaço sideral, quase não tem gravidade nenhuma, portanto a balança não mostra nenhuma força — em outras palavras, você não tem peso! No entanto, sua MASSA é a mesma: você continua com 50 kg.

Como as balanças caseiras medem uma força, e não a massa, elas não deviam marcar quilogramas, mas unidades de força. Ei, que negócio é esse de medir força? Vamos ver . . .

## **FORÇA**

Antes de Isaac explicar o que é força, ninguém sabia direito o que era, mas hoje em dia sabemos perfeitamente. Imagine que você tenha uma peça de metal com uma massa de 1 kg flutuando no espaço. Agora imagine que você dê um empurrão nela acelerando-a um metro por segundo a cada segundo. Sabe quanta força você precisará aplicar? A resposta é... um newton. Pois é, quando inventaram as unidades métricas, em homenagem a Newton deram seu nome às unidades de força. Assim, para ser precisa, a sua balança caseira deveria marcar newtons. Quer dizer que um newton é a mesma coisa que o peso de 1 kg? Infelizmente, não. . .

Voltemos a **Força = Massa X Aceleração.**

Galileu mostrou que um objeto ao cair tem uma aceleração constante, que na Terra é cerca de dez metros por segundo por segundo. (Na Lua, é apenas 1,6 metro por segundo por segundo.) Assim, se na equação pusermos a aceleração igual a 10, podemos calcular a força que atua em um objeto caindo na Terra:

$$\text{Força} = \text{Massa} \times 10$$

Assim, se sua massa é 50 kg, e se você cair de um edifício, a força que puxa você para a Terra será:

$$\text{Força} = 50 \times 10, \text{ o que dá } 500 \text{ newtons.}$$

Como a aceleração é constante, a força é sempre a mesma, não importando a velocidade com que você cai. Mesmo se você estiver caindo com uma velocidade zero (isto é, se não estiver caindo, mas estiver em cima da balança no seu banheiro), a força que puxa você para o chão continua sendo de quinhentos newtons.

As balanças caseiras deveriam ter suas escalas em newtons, e não em quilogramas. Mas

Figura 34 – Cidadão caindo na Terra.



Fonte: Poskitt (2009).

parece que os fabricantes de balanças caseiras consideram que você só vai usá-las na Terra, por isso eles marcam suas escalas em quilogramas.

No começo deste livro, eu disse que você descobriria por que newtons demais matariam você — pois bem, se um elefante que pesa duas toneladas sentar sobre você, ele vai empurrá-lo para baixo com uma força de 20 mil newtons. Dureza!

#### 4.1.5 Quinto Encontro: Projeto de robótica - alarme de presença; Terceira Lei de Newton.

##### **Montagem do alarme de presença (35 minutos); Leitura e discussão do texto sobre a Terceira Lei de Newton (15 minutos).**

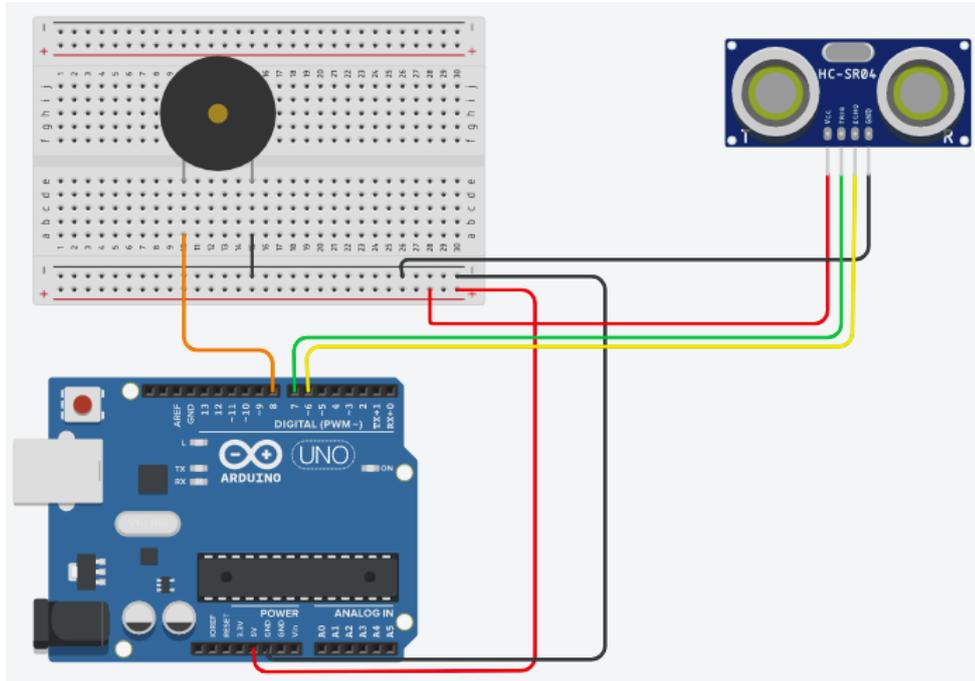
Neste encontro, a atividade é a montagem de um alarme de presença, para que os participantes manipulem o sensor e ultrassônico e a placa Arduino. Para isso, as equipes recebem de forma antecipada um vídeo,<sup>12</sup> mostrando montagem do circuito, a elaboração do sketch (Código de programação) e a simulação do funcionamento do alarme de presença no Tinkercad. Ademais, recomenda-se aos alunos que após assistirem o vídeo, eles deveriam refazer esta atividade usando o Tinkercad para assimilar cada passo da montagem do alarme de presença.

Inicialmente, distribuimos os seguintes dispositivos para as equipes: uma placa arduino, um sensor ultrassônico, uma protoboard e os jumpers para fazer as ligações. Assim, através do notebook e os dados móveis do celular acessa-se o site do simulador Tinkercad circuitos. Em seguida, com o data show projeta-se as imagens no quadro branco. Dessa forma, todas as equipes podem acompanhar o passo a passo da montagem do circuito. A medida que é feita a montagem do circuito virtualmente e depois de explicado o funcionamento de cada elemento do circuito, as

<sup>12</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/x24zprBx3r8>

equipes fazem o mesmo circuito com os dispositivos tangíveis.

Figura 35 – Circuito de um alarme de presença com sensor ultrassônico.

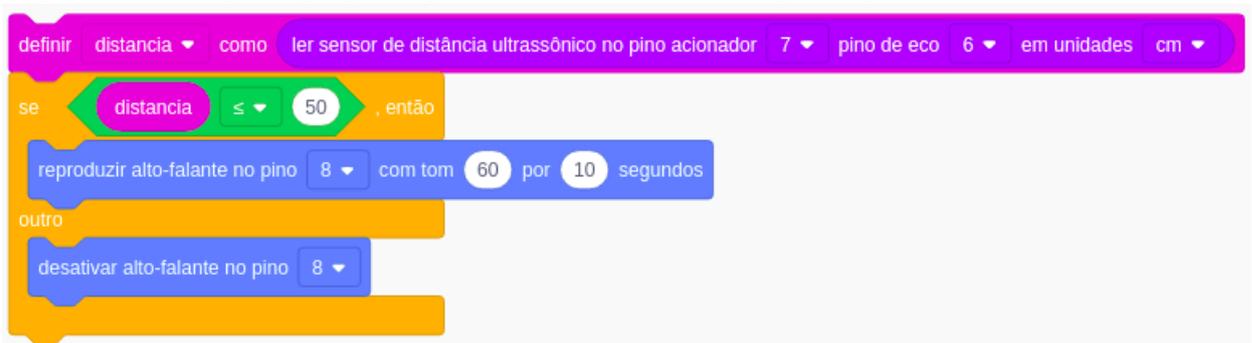


Fonte: Próprio autor (2020).

O circuito é composto por uma placa Arduino, um sensor ultrassônico, uma placa de ensaio (protoboard) e um piezo (dispositivo sonoro) que tem a função sinalizar quando o sensor detectar a presença de um obstáculo. A Figura 35 mostra a disposição destes componentes. O sensor ultrassônico possui 4 (quatro) terminais, dois destinados à alimentação ( $V_c$  e GND), o TRIG que aciona a emissão da onda sonora e ECHO responsável por receber a informação do retorno da onda sonora refletida em um obstáculo.

A seguir, na Figura 36 é mostrado o código de programação em blocos do alarme de presença com sensor ultrassônico.

Figura 36 – Código de programação em bloco do alarme de presença com sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2020).

A primeira linha do código, define a variável **distancia** como o valor da leitura do sensor de distância que tem o acionador (trig) ligado ao pino 7 e o receptor (ECHO) ligado ao pino 6. A segunda linha do código, trás a seguinte condição: se a variável **distancia** for maior ou igual a 50 cm, execute o comando da linha abaixo. A terceira linha do código, tem o comando que manda reproduzir o alto-falante ligado ao pino 8 (oito), em um tom de 60 (sessenta) hertz por um tempo de 10 (dez) segundos. A quarta linha do código, apresenta o comando que ordena para manter desativado o alto-falante conectado ao pino 8 (oito), caso a variável **distancia** seja maior que 50 cm.

Na Figura 37 temos o mesmo código de programação mostrado acima, só que no formato de texto. Entretanto, apesar de serem semelhantes, há diferenças entre o código em bloco e o código em texto neste projeto. A programação utilizando blocos não mostra todas as linhas do código, de tal modo que alguns comandos são gerados mas não são explicitados.

Figura 37 – Código de programação em texto do alarme de presença com sensor ultrassônico.

```
int distancia = 0;

long readUltrasonicDistance(int triggerPin, int echoPin)
{ pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Clear the trigger
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  // Sets the trigger pin to HIGH state for 10 microseconds
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  // Reads the echo pin, and returns the sound wave travel time in microseconds
  return pulseIn(echoPin, HIGH);}

void setup()
{pinMode(8, OUTPUT);}

void loop()
{ distancia = 0.01723 * readUltrasonicDistance(7, 6);
  if (distancia <= 50) {
    digitalWrite(8, HIGH);}
  else {
    digitalWrite(8, LOW);}
  delay(10); // Delay a little bit to improve simulation performance
}
```

---

Fonte: Próprio autor (2020).

Podemos perceber que o código na forma de texto, há o detalhamento dos comandos relacionados ao sensor ultrassônico. Por exemplo, o pino ligado ao **trigger** funciona como saída (OUTPUT) e pino ligado **echo** funciona como entrada (INPUT). Verifica-se, também, que inicialmente o triggerPin está no estado LOW (desligado), depois passa para o HIGH (ligado) e em seguida volta para LOW. E após estes comandos, o echoPin entra no estado HIGH (ligado) e através da função pulseIn, o tempo que o pulso da onda sonora leva para ir e retornar até o sensor

após atingir um obstáculo é medido em microssegundos.

Quando todos finalizaram a montagem do circuito, eles devem testar o projeto. Utilizando o cabo USB específico para Arduino carrega-se o sketch na placa, usando o IDE do Arduino (software).

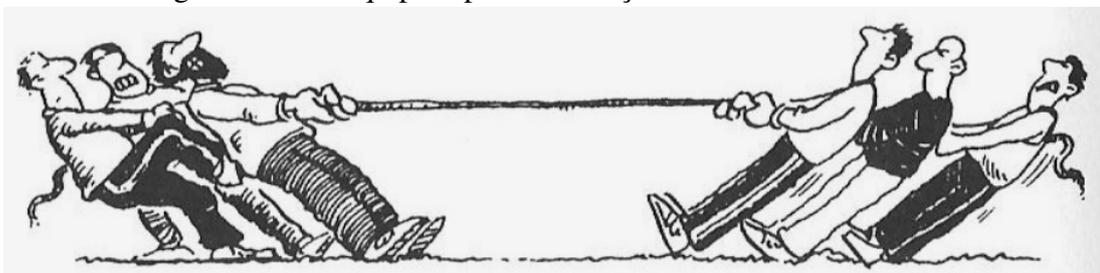
## AS LEIS NEWTONIANAS DO MOVIMENTO

Para concluir esta abordagem inicial das Leis de Newton, neste encontro o professor discutirá a Terceira Lei de Newton, utilizando trecho do texto: **As Leis Newtonianas do Movimento**, que está disponível logo abaixo. É um texto fácil de ler, que explora as Leis de Newton sem enfatizar a abordagem matemática (POSKITT, 2001). Este texto é um material potencialmente significativo, cuja cópia impressa será entregue aos alunos e será explorado através da leitura e diálogo, considerando os conhecimentos prévios newtonianos e não newtonianos detectadas no pré-teste. Um vídeo<sup>13</sup> com a leitura e comentários desse texto, deve ser enviado de forma antecipada para os alunos.

### **Terceira Lei de Newton: a toda ação corresponde uma reação igual e oposta**

Esta é uma graça e muito simples. O que ela diz é que, quando a gente empurra alguma coisa, essa coisa empurra a gente de volta. (Ou, se a gente puxa, ela puxa a gente de volta.) É a mesma coisa que acontece quando você se encontra num carro que está acelerando: o encosto do seu banco tenta empurrar você para a frente e, ao mesmo tempo, seu corpo empurra o encosto para trás. Vejamos outro exemplo: duas equipes jogando cabo-de-guerra.

Figura 38 – As equipes aplicando forças de mesma intensidade.



Fonte: Poskitt (2009).

Se ambas puxam com a mesma força, não saem do lugar.

<sup>13</sup> Este vídeo está disponível no canal do Youtube através do link: <https://youtu.be/2Yx5jTGVtFs>

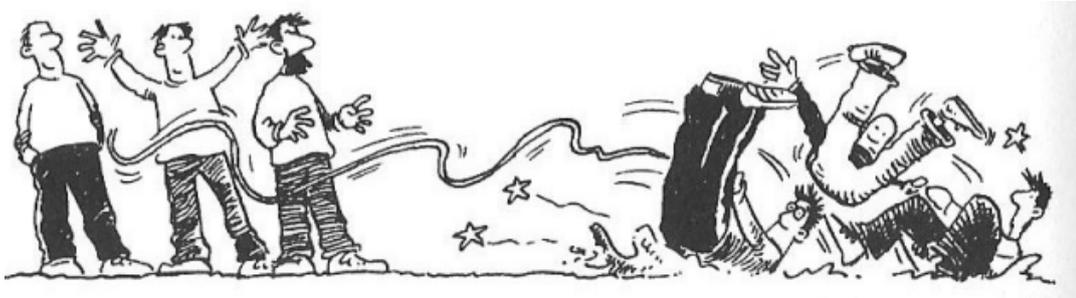
Figura 39 – As equipes aplicando forças de intensidades diferentes.



Fonte: Poskitt (2009).

Se uma equipe puxa um pouco mais, a força extra faz que a outra equipe acelere em sua direção.

Figura 40 – Uma das equipes deixa de aplicar força.



Fonte: Poskitt (2009).

Mas se a outra equipe soltar de repente a corda, a primeira equipe não vai ter mais nada pelo que puxar e vai levar um trambolhão.

Outra maneira de considerar a lei é ver o que acontece quando você pula. Enquanto você empurra os pés contra o chão, o chão empurra você de volta e faz você subir a uma altura de, digamos, um metro. Mas quando são empurrados contra o chão, seus pés também fazem a Terra se mover na direção oposta, afastando-se de você. Como a Terra é muito maior e mais pesada do que você, ela só se move um pouquinho. Na verdade, **MUITO** pouquinho mesmo, cerca de 0,000000000000000000000001 de um metro.

Talvez você fique preocupado por ter empurrado a Terra para fora da sua órbita, mas não precisa entrar em pânico. Quando você desce, o oposto acontece. A Terra está puxando você para ela, mas você também está puxando a Terra de volta para você. Depois do seu pulo, a Terra vai estar de volta ao mesmo lugar! Claro, se você pular muito alto e se afastar da Terra, aí sim, você a terá movido um pouquinho de nada. Mas, cá entre nós, como você saiu voando espaço afora e com certeza esqueceu de levar um lanche e um agasalho bem grosso, o fato de a Terra estar um tiquinho fora de posição vai ser a última das suas preocupações.

Figura 41 – Garoto no espaço se afastando da Terra.



Fonte: Poskitt (2009).

#### 4.1.6 Sexto Encontro: montagem do robô de sumô (1ª Parte)

**Início da montagem do robô de sumô a partir de um projeto básico (1 hora/aula).  
Cada passo da montagem do robô sumô está detalhado no Apêndice F.**

A montagem começa a partir do chassi do robô feito de MDF, que é necessário para acoplar os dois motores, as duas rodas traseiras, uma esfera deslizante na dianteira, três sensores infravermelho e uma ponte H. Após a distribuição dos dispositivos para cada equipe, orienta-se como fazer a instalação de um dos componentes do robô de sumô e a medida que eles terminem de montar o dispositivo, passa-se a instrução para a instalação do próximo, na sequência que está exposta no Apêndice F.

Com o intuito de abordar os conceitos relacionados às Leis de Newton, o professor deve expor sobre a função de cada dispositivo e o que pode ser feito para melhorar o desempenho deles a partir das Leis de Newton. Por exemplo, pode-se explicar que a ponte H controla o sentido de rotação dos motores, o que permite ao robô fazer curvas e realizar manobras. O fato do robô está fazendo curva é uma garantia de que existe uma força resultante diferente de zero atuando no robô, conforme assegura a Segunda Lei de Newton.

A roda ao girar em contato com o dojô, empurra a superfície do dojô para trás e a superfície empurra o robô para frente, estas forças formam um par de ação e reação, fenômeno previsto na Terceira Lei de Newton. E a força de tração que empurra o robô para frente ou para trás é a própria força de atrito, que acelera o robô, conforme descreve a Segunda Lei de Newton.

Neste momento, informa-se para os alunos que eles poderão fazer modificações na estrutura mecânica do robô, usando os conceitos relacionados às Leis de Newton, para melhorar o desempenho dele. O que é melhor para o desempenho do robô, possuir maior ou menor massa? O que fazer para melhorar a tração do robô, pensando em termos de atrito entre os pneus e a

superfície do dojô? Estas questões devem ser trabalhadas durante a montagem e aprimoramento do robô de sumô.

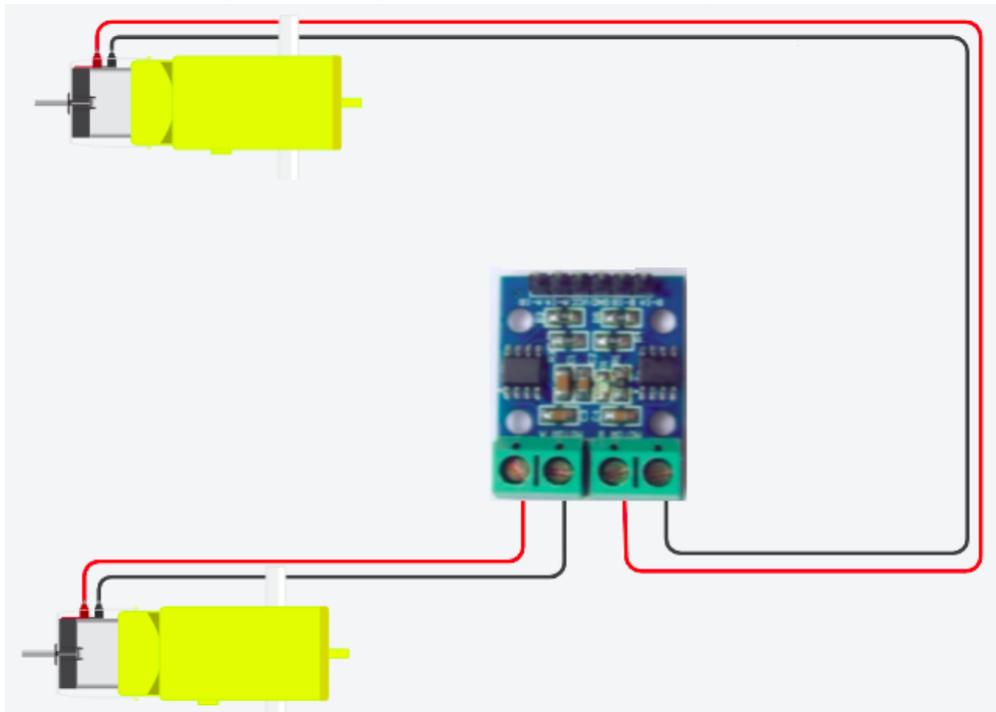
Após a montagem dos motores, das rodas, da esfera deslizante, dos três sensores infravermelho e da ponte H no chassi, cada robô deve ser identificado por sua respectiva equipe utilizando adesivos. Dessa forma, a primeira parte da montagem estará concluída.

#### 4.1.7 Sétimo Encontro: montagem do robô de sumô (2ª Parte)

**Deve-se fixar a placa Arduino e encaixar o sensor ultrassônico no chassi. Além disso, faz-se a conexão dos terminais dos motores com a ponte H(1 hora/aula).**

Neste encontro, dá-se a continuidade da montagem do robô de sumô e os detalhes da instalação destes dispositivos estão no Apêndice F. Com a imagem do esquema da montagem projetada na parede e as equipes posicionadas de maneira que todos os componentes pudessem ver sem dificuldades, inicia-se a atividade. Ademais, antecipadamente envia-se um vídeo com as orientações mostrando o passo a passo da montagem.

Figura 42 – Ligação dos motores com a ponte H.



Fonte: Próprio autor (2022).

Inicialmente, cada equipe recebe o seu robô, isso foi possível porque no encontro anterior os robôs tinham sido identificados com adesivos. Além disso, as equipes devem receber

jumpers (fios), uma placa Arduino e um sensor ultrassônico. Dessa vez, prints do esquema foram apresentados através da projeção com o data show.

O terminais do motor da direita do robô, que na Figura 42 está em baixo, são conectados aos terminais identificados como **motor A** da ponte H. E os terminais do motor da esquerda do robô é conectado aos terminais identificados como **motor B** da ponte H.

Ao final deste encontro, a placa Arduino, o sensor ultrassônico e a ligação dos fios dos motores com a ponte H, devem estar concluídos.

#### 4.1.8 Oitavo Encontro: montagem do robô de sumô (3ª Parte)

**Deve-se fazer as conexões da ponte H com a placa Arduino e com a bateria exclusiva para os motores e também fazer as ligações do sensor ultrassônico (1 hora/aula).**

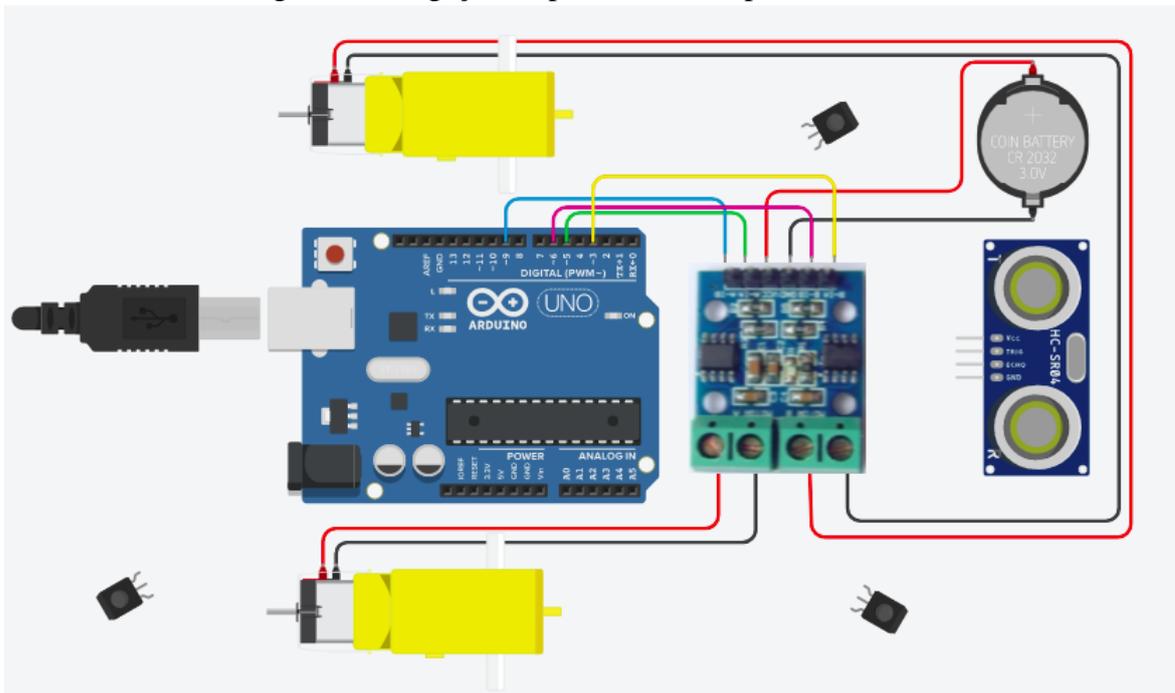
Neste encontro, projeta-se, novamente, o esquema das conexões entre os motores, a ponte H e a placa Arduino, utilizando o data show. O professor deve acompanhar as ligações dos dispositivos, verificando se as conexões estão sendo feitas corretamente. A Figura 43, mostra as seguintes conexões entre a ponte H com a placa Arduino e com a bateria:

1. terminal A1-B (fio azul) da ponte H conectado ao pino 9 da placa Arduino;
2. terminal A1-A (fio verde) da ponte H conectado ao pino 5 da placa Arduino;
3. terminal Vcc (fio vermelho) da ponte H conectado ao terminal positivo da bateria dos motores;
4. terminal GND (fio preto) da ponte H conectado ao terminal negativo da bateria dos motores;
5. terminal B1-B (fio lilás) da ponte H conectado ao pino 6 da placa Arduino;
6. terminal B1-A (fio amarelo) da ponte H conectado ao pino 3 da placa Arduino.

O símbolo que representa a bateria na Figura 43 não corresponde à aparência real da bateria utilizada. Fizemos dessa forma porque o simulador Tinkercad não possui um símbolo que tenha a aparência das baterias que foram usadas em nosso circuito. Porém, no Apêndice A há mais informações sobre as baterias, inclusive fotos e especificações das mesmas. Em seguida, faz-se a ligação do único sensor ultrassônico que o robô possui, que fica localizado na frente e funciona como os olhos do robô.

Os terminais **trigger** e **echo** do sensor ultrassônico devem ser conectados aos pinos 10

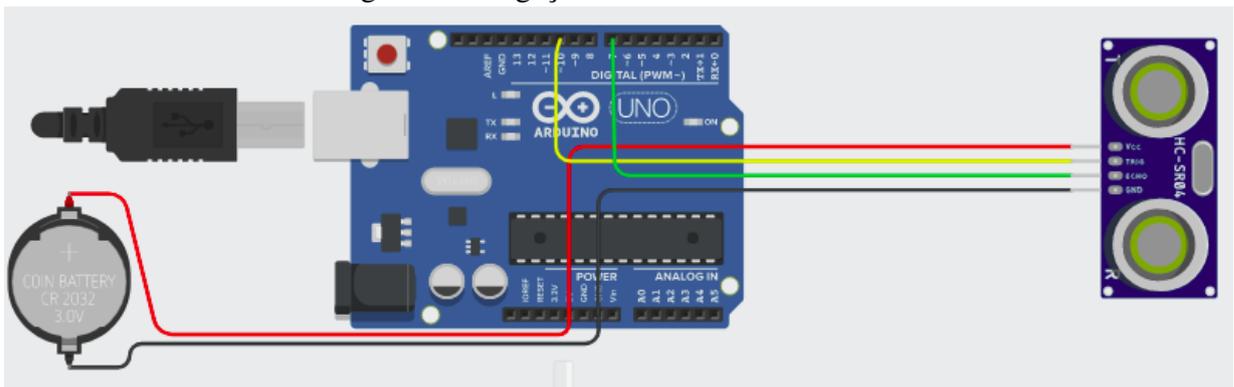
Figura 43 – Ligação da ponte H com a placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

(ligado ao fio amarelo) e 7 (ligado ao fio verde) da placa Arduino, respectivamente. Os terminais Vcc (ligado ao fio vermelho) e GND (ligado ao fio preto) que devem ser ligados às baterias como mostra a Figura 44.

Figura 44 – Ligação do sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

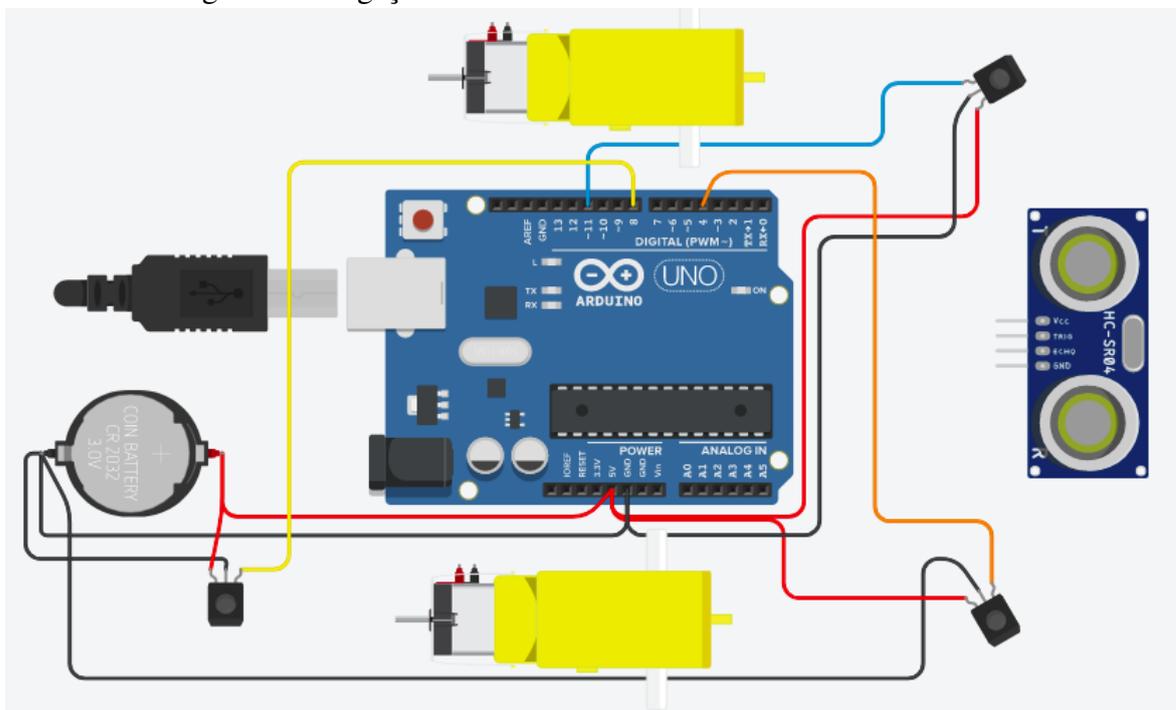
Durante a atividade o professor deve relembrar a função do dispositivo ponte H e a importância dele nas manobras do robô. E, também o funcionamento do sensor ultrassônico, mostrando que ele tem a incumbência de localizar o adversário, ou seja, ele desempenha a função dos olhos do robô. Assim, após as conexões da ponte H com a placa Arduino e a instalação do sensor ultrassônico, conclui-se o oitavo encontro.

#### 4.1.9 Nono Encontro: montagem do robô de sumô (4ª Parte)

**Deve-se instalar os três sensores infravermelho e a bateria que alimenta a placa Arduino e os sensores (1 hora/aula).**

Depois do sensor ultrassônico, chegou a vez dos três sensores infravermelho (Figura 45). Dois localizados na dianteira e outro na traseira. Os fios conectados aos sensores infravermelho nas cores preta e vermelha são o GND (negativo) e o  $V_{cc}$  (positivo), respectivamente.

Figura 45 – Ligação do sensores infravermelho do robô de sumô.

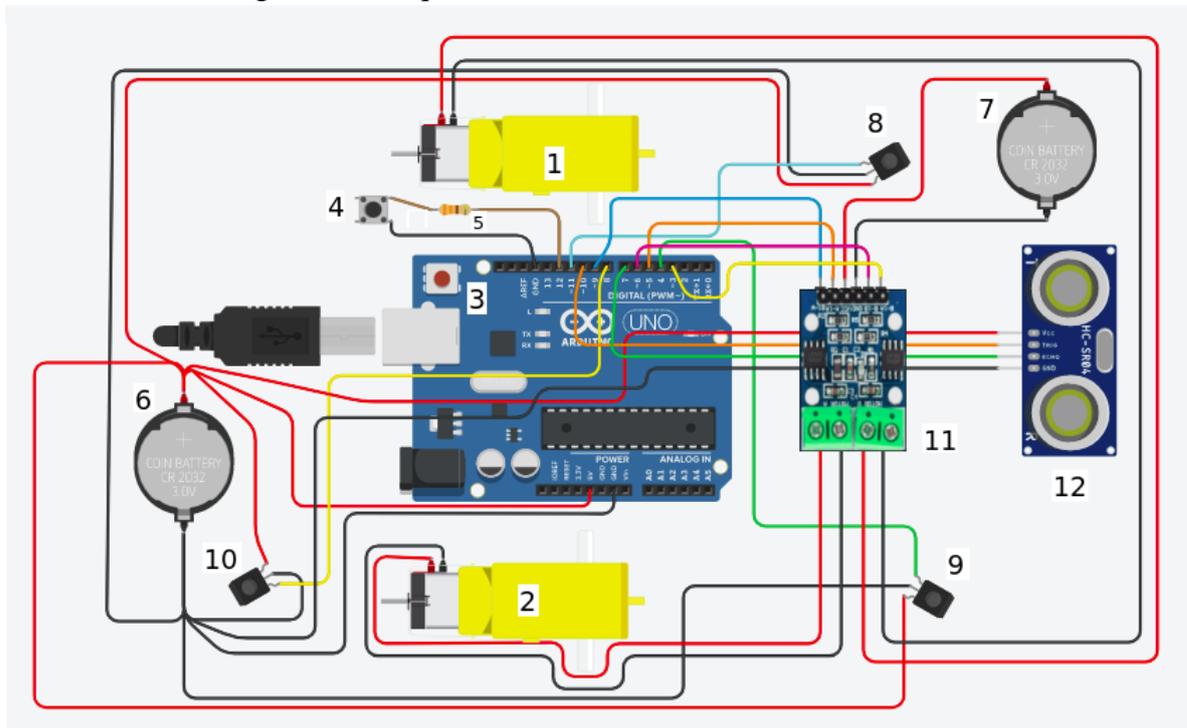


Fonte: Próprio autor (2022).

Os terminais **out** dos sensores infravermelho, que mandam informações para placa Arduino, estão conectados nos seguintes pinos: sensor dianteiro esquerdo no pino 11 (fio azul); sensor dianteiro direito no pino 4 (fio laranja); sensor traseiro no pino 8 (fio amarelo).

E por fim, todas as conexões do circuito do robô de sumô são apresentadas em um único esquema (Figura 46). As conexões da bateria com os dispositivos (placa Arduino e sensores) é feita utilizando o cabo USB macho com 4 Fios. Neste cabo, utiliza-se apenas o fio vermelho ( $V_{cc}$ ) e o preto (GND) e em cada um deles emendou-se cinco fios, que vão se conectar a cada dispositivo, como mostra a Figura 46.

Figura 46 – Esquema do circuito básico do robô de sumô.



Fonte: Próprio autor (2021).

Os dispositivos que compõem o circuito da Figura 46 estão descritos mais detalhadamente no apêndice A e são identificados na relação a seguir:

1. Motor DC 3-6V 200RPM (lado esquerdo);
2. Motor DC 3-6V 200RPM (lado direito);
3. Placa Arduino Uno R3;
4. Botão (push button);
5. Resistor (330 ohms) associado em série ao botão;
6. Bateria de 3,7 V para alimentar a placa Arduino e os sensores;
7. Bateria de 6 V para alimentar os motores (Como já informamos os desenhos que representam as baterias não correspondem à aparência real);
8. Sensor infravermelho dianteiro esquerdo;
9. Sensor infravermelho dianteiro direito;
10. Sensor infravermelho traseiro;
11. Ponte H L9110s;
12. Sensor ultrassônico.

Assim, a montagem do robô de sumô fica completa, com a estrutura mecânica e conexões dos dispositivos elétricos e eletrônicos. A partir do próximo encontro inicia-se o

aprimoramento do robô.

#### 4.1.10 Décimo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (1ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; testar o robô e receber sugestões de modificações; falar sobre as regras do sumô de robô (1 hora/aula).**

Neste encontro, primeiramente, monta-se o dojô e a cada equipe é entregue seu robô e no dojô os robôs são colocados em funcionamento e a partir da observação e das discussões baseadas nas Leis de Newton, eles devem propor mudanças para melhorar o desempenho do robô. Inicialmente, a programação dos robôs é a mesma, desse modo, os robôs devem ter movimentação semelhante. A ideia é que as equipes montem suas estratégias e a partir delas, o professor deve fazer as modificações nos códigos de programação.

Os alunos devem colocar o robô sobre o dojô e acioná-lo através do botão de partida, que se localiza no teto do robô. Após o botão ser acionado, o LED incorporado à placa do Arduino pisca por cinco vezes e então o robô inicia os movimentos. Cada equipe deverá ter o seu momento para testar o robô. Devem fazer anotações e o professor fará questionamentos sobre os fenômenos que estão acontecendo, tais como: sobre a inércia dos robôs; as forças que estão atuando; o atrito entre os pneus e a superfície do dojô; a aceleração dos robôs, dentre outras.

A partir desse momento o professor já deve orientar as equipes sobre as regras dos confrontos que, como já mencionamos na subseção 3.3.2, são baseadas nas regras da Winter Challenge, por exemplo: o posicionamento do robô no dojô, que deve ser atrás da linha shikiri<sup>14</sup>; o procedimento para acionar o robô através do botão (pushbutton); informar que o LED incorporado na placa Arduino deve piscar 5 (cinco) vezes; e que imediatamente após a quinta piscada, o robô deve iniciar a movimentação.

No encerramento do encontro, os alunos devem ser orientados a escolher nomes para os robôs, pois a identificação deles deve ser feita com a marcação do nome no chassi do robô.

#### 4.1.11 Décimo Primeiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (2ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; dar continuidade aos testes; testar os efeitos da inércia; falar sobre as estratégias do sumô de robô. (1 hora/aula).**

<sup>14</sup> Shikiri é a linha contida no dojô que sinaliza o posicionamento do robô de sumô no início do combate.

Inicialmente, dialoga-se com os alunos para identificar se eles estão aprendendo de forma significativa os conceitos envolvidos no funcionamento dos robôs, verificando se eles têm sugestões para melhorar o desempenho dos robôs. Nesses momentos, o professor deve sempre enfatizar os conceitos newtonianos envolvidos nos fenômenos. Depois das discussões, os alunos devem continuar com os testes. Cada equipe terá um tempo para colocar o robô no dojô, fazer as anotações dos problemas detectados e apresentar possíveis soluções.

Com a intenção de mostrar os efeitos da inércia sobre o robô, peça aos alunos para observarem um robô que cai do dojô. Assim, eles podem constatar que mesmo recebendo o comando para parar, o robô não para imediatamente e termina caindo.

Além disso, o professor informará aos alunos que o nosso robô está na categoria dos que tem massa até 3Kg. E também lembrá-los que a inércia do corpo está relacionada com sua massa, ou seja, quanto maior for a massa do robô, maior será a inércia. Assim, um experimento que pode ser feito é acrescentar massa ao robô (fixando um objeto no teto do robô) e verificar se ele sai do repouso com a mesma facilidade que saía antes do acréscimo da massa. Então, surge o seguinte questionamento: O robô que possui maior massa, leva vantagem em um confronto?

Em seguida, orienta-se os alunos sobre as estratégias para a competição de robô de sumô, considerando os efeitos da inércia sobre o robô. Por exemplo, o robô deve fazer movimentos de pequenas amplitudes (esta mudança pode ser feita ajustando a **função millis**<sup>15</sup> no **sketch** do robô). Caso alguma equipe tenham modificações a fazer no sketch (código de programação) devem repassar para o professor, que fará as alterações.

Os alunos devem verificar se sensores estão funcionando corretamente. E também testar o sensor infravermelho, se ele estar detectando a borda branca do dojô, isso é fundamental para que o robô não saia do dojô.

Para finalizar o encontro, o professor deve questionar sobre os nomes escolhidos para os robôs. E cada equipe deve grafar o nome no chassi do robô, de tal maneira que fique visível. O professor deve atentar para que os nomes sejam adequados, que garanta o respeito a todos os seres.

---

<sup>15</sup> A função millis do Arduino retorna o número de milissegundos passados desde que a placa arduino começou a executar o programa atual, ou seja, é um cronômetro que é acionado no mesmo instante que a placa arduino é ligada e permanece contando o tempo em milissegundos.

#### 4.1.12 Décimo Segundo Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (3ª Parte).

**Neste encontro deve-se: Montar o dojô; testar o sensor ultrassônico; falar sobre a força que acelera o robô (1 hora/aula).**

Neste encontro, os alunos devem continuar fazendo as correções para melhorar o funcionamento dos Robôs. Com a sala e o dojô prontos inicia-se os testes, sempre reservando um tempo para cada equipe testar o robô no dojô.

Para testar o sensor ultrassônico, coloca-se um objeto no dojô e o robô após ser acionado deve localizar o objeto. O professor deve aproveitar o momento e explicar como funciona o sensor ultrassônico, fazendo uma comparação com o sistema de ecolocalização usado por alguns animais como os morcegos, os golfinhos e outros.

Na sequência, observa-se situações que acontecem com os robôs pra mostrar aos alunos como reconhecer a aceleração, a força de tração e a relação da força de atrito com a força de tração. Para verificar qual a força responsável pela aceleração do robô, observa-se a seguinte situação: com o robô em funcionamento levante a parte traseira dele, de modo que os pneus não tenha mais contato com o dojô. Nesse caso, vai existir apenas atrito dos pneus com o ar, ou seja, a força de atrito é bem pequena. A força de tração é pequena também, pois o robô fica em repouso. Portanto, nesse caso a força de atrito é a responsável pela aceleração do robô, ou seja, a força de tração é a força de atrito.

Uma sugestão para melhorar a força de tração dos robôs é aumentar o atrito entre os pneus e a superfície do dojô. Pode-se conseguir isso, por exemplo, com a colocação ligas de borracha<sup>16</sup> nos pneus do robô pra aumentar o atrito. A ideia é a seguinte: a colocação das ligas diminui a superfície de contato entre o pneu e o dojô, assim, quanto menor área maior pressão e consequentemente ocorre o aumento do atrito.

O professor deve lembrar aos alunos das estratégias para a competição de robô de sumô. Aproveita-se para testar as modificações já feitas.

#### 4.1.13 Décimo Terceiro Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (4ª Parte).

**Neste encontro deve-se: Montar o dojô; falar sobre forças de ação e reação; mostrar situações com o momento linear do robô (1 hora/aula).**

<sup>16</sup> Ligas utilizadas pra amarrar dinheiro

Neste encontro, os trabalhos de aprimoramento do desempenho dos robôs de sumô continuam. Novamente com o local e o dojô preparados, entrega-se os robôs para as equipes.

Sabemos que a força de atrito forma um par de ação e reação com a força aplicada pelo pneu. Assim, ao girar em contato com a superfície do dojô, o pneu empurra a superfície para trás e esta empurra o pneu para frente. Outra situação na qual atuam forças de ação e reação, ocorre quando um robô empurra o adversário e de forma instantânea, sobre o robô, atua uma força de reação de mesma intensidade e direção, mas com sentido oposto ao da força de ação.

Outro tema que pode ser explorado pelo professor é o momento linear. Para o robô empurrar o outro para fora do dojô é necessário que um impulse o outro. Sendo o impulso uma grandeza que corresponde a uma variação do momento linear, ou seja, para impulsionar o robô devemos fazer o momento linear dele variar.

Coloca-se um objeto próximo da borda do dojô e direciona-se o robô para que ele se choque com o objeto. A massa do objeto deve ser suficiente para que nessa primeira tentativa o robô não consiga derrubá-la do dojô. Mas, aumentando a massa do robô ou sua velocidade, o robô deve derrubar o objeto. Assim, confirma-se que o momento linear depende da massa e da velocidade. O objeto recebe um impulso, pois o momento linear dele variou.

Outra questão que deve ser debatida com os alunos é onde colocar o segundo banco de baterias. Qual a influência na estabilidade do robô, se ele for colocado no teto do robô? Isso o fará capotar com mais facilidade? E quando colocado no assoalho do robô?

Verificar se os alunos estão montando as estratégias para a competição de robô de sumô. E realizar testes nos robôs que já fizeram as modificações do sketch.

#### 4.1.14 Décimo Quarto Encontro: Aprimoramento do robô de sumô (5ª Parte).

**Neste encontro deve-se: montar o dojô; fazer os últimos testes e acertos nos robôs; ajustar as estratégias para os confrontos; (1 hora/aula).**

Neste encontro, finaliza-se os testes para o aprimoramento dos robôs. Esta será a última oportunidade para fazer ajustes antes da competição entre os robôs.

É oportuno verificar se os robôs nos quais os sensores infravermelho estejam funcionando adequadamente ainda caem do dojô com frequência. Neste caso, o professor deve lembrar a propriedade de inércia dos corpos, que explica porque mesmo o robô recebendo a ordem para parar, ele não para imediatamente. As sugestões apresentadas para este problema

foram a redução da velocidade e a execução de movimentos mais curtos, ou seja, movimentos com menor amplitude.

Após todos os testes realizados é o momento de decidir se é vantagem ou não acrescentar massa ao robô, considerando a inércia, o momento linear e o limite de 3kg imposto pelas regras. O acréscimo de massa aumenta o momento linear, isto é uma vantagem para o robô tanto na hora de atacar quanto na hora de defender. Mas, também ocorre um aumento na inércia do robô, que dificultará tanto pra colocar o robô em movimento quanto para pará-lo.

As equipes devem entregar ao professor as últimas modificações na estratégia para a competição de robôs. Nas estratégias deve constar as manobras a serem realizadas pelos robôs em dois momentos: quando o robô procura e quando o robô ataca o adversário.

Para o problema do banco de baterias, foi apresentada a seguinte solução: fazer o arranjo das baterias utilizando fitas adesivas e papel alumínio. A vantagem deste arranjo é que ele pode ser colocado na parte interna do robô, em uma posição mais baixa, contribuindo com a estabilidade do robô. Detalhes deste arranjo de baterias estão no Apêndice F.

Dessa forma, a fase de aprimoramento do robô fica concluída. Vale lembrar, que esta fase de aprimoramento visa garantir que o robô esteja sempre em desenvolvimento, com contribuições tanto na parte mecânica quanto na de programação. Assim sendo, a cada aplicação deste produto o robô terá seu desempenho melhorado e atualizado.

#### 4.1.15 Décimo Quinto Encontro: Aplicação do pós-teste.

##### **Aplicação do pós-teste para verificar a evolução conceitual em relação aos conceitos newtonianos.**

Neste encontro, aplica-se o pós-teste com questões semelhantes as do pré-teste. A dinâmica de aplicação deve seguir a mesma que foi aplicada no pré-teste. Com os dois testes pretende-se fazer uma comparação entre o desempenho dos alunos, para verificar se houve uma evolução conceitual de conceitos intuitivos para newtonianos.

Portanto, as respostas dos alunos devem refletir as aprendizagens significativas desenvolvidas durante os estudos realizados sobre as Leis de Newton utilizando robôs de sumô.

Enfim, o professor poderá verificar, através da análise do pré-teste e do pós-teste, se os alunos continuaram usando os conceitos intuitivos para responder as questões do pós-teste ou se eles desenvolveram aprendizagens significativas capazes de proporcionar uma evolução

conceitual em relação às Leis de Newton.

#### 4.1.16 Décimo Sexto Encontro: Competição entre os robôs de sumô.

##### **Realização da competição de sumô de robô; prepara-se o ambiente de competição; monta-se o dojô e sua área (1 hora/aula).**

Neste último encontro, ocorre a competição entre os robôs de sumô montados e aprimorados durante esta jornada. Deve ser montado o dojô e feita delimitação da área do dojô<sup>17</sup>, isso é feito com o intuito de evitar interferências no funcionamento dos sensores ultrassônicos. Prepara-se a tabela da competição no quadro branco, deixando os espaços pra colocar o nome dos robôs, que devem ser determinados a partir de um sorteio. O professor deve desempenhar o papel de árbitro nas batalhas, seguindo as regras relacionadas abaixo, que foram selecionadas a partir das regras da competição Winter Challenge:

1. A partida é disputada por dois robôs por vez;
2. Apenas 1 (um) membro de cada equipe que está competindo naquela partida terá acesso a área do Dojô;
3. Para o início da partida, mediante as instruções do juiz, os representantes de cada uma das duas equipes posicionam o seu robô dentro da sua metade do Dojô, atrás da linha Shikiri;
4. Uma partida consistirá em 3 (três) rounds, cada round terá um tempo nominal de 1 (um) minuto;
5. Quando o juiz anunciar o início do round, o membro de cada equipe ativará os robôs e após uma pausa de 5 segundos os robôs podem começar a se movimentar. Durante esses 5 segundos os membros das equipes devem deixar a área do Dojô.
6. Após iniciado o round, não será permitido tocar no robô sem a autorização do juiz.
7. Um ponto de Yukô será concedido a um dos robôs quando qualquer parte do robô oponente tocar na área externa do Dojô.
8. A equipe que receber 2 (dois) pontos de Yukô, será declarada vencedora. Caso o tempo limite seja atingido antes de uma equipe receber dois pontos, será vencedora a que tiver recebido um ponto.
9. Em caso de empate o juiz decidirá qual equipe teve melhor desempenho e ela será declarada vencedora;

<sup>17</sup> Área do dojô é uma área que ninguém pode adentrar durante a disputa dos rounds

10. Casos não previstos nestas regras serão decididos pelo juiz.

Após a competição monta-se um pódio e o professor faz a entrega das medalhas para os vencedores.

## 5 RECURSOS DIDÁTICOS

Nossa sequência didática utiliza um robô de sumô como recurso didático, que requer outros recursos para tornar factível a sua aplicação. Dessa forma, utilizamos também a plataforma Arduíno, o simulador Tinkercad, computadores, celulares, data show, questionários, um jogo digital e textos. A seguir, apresentamos mais informações sobre alguns destes recursos que utilizamos no desenvolvimento do nosso trabalho, já que abordamos sobre os outros em outros momentos do nosso produto.

### 5.1 O robô de sumô

Como o robô de sumô é nosso recurso principal, falaremos mais um pouco sobre ele. Utilizamos o robô de sumô como material potencialmente significativo para estudar os conceitos relacionados às Leis de Newton, proporcionando uma possibilidade de uma aprendizagem significativa. De acordo com Ausubel, para que ocorra uma aprendizagem significativa é necessário a predisposição do aprendiz para aprender de forma significativa e que o material didático utilizado seja potencialmente significativo (AUSUBEL, 2003). O robô de sumô é um material didático que possui características que cumprem estas condições, pois os fenômenos que acontecem com o robô são importantes, fazem parte do dia a dia dos participantes e o seu funcionamento envolve conceitos relacionados às Leis de Newton.

O projeto básico deste robô, cujo nome é Robô Sumo Zumo Robot Arduíno RS100 foi desenvolvido e é comercializado pela Usinainfo, que é uma loja virtual brasileira de dispositivos para robótica e eletrônica em geral, disponível no endereço eletrônico [usinainfo.com.br](http://usinainfo.com.br). Procuramos adaptar o projeto, pesquisando soluções mais compatíveis com nossa realidade, otimizando o desempenho técnico do robô de sumô através dos conceitos relacionados às Leis de Newton. Além disso, buscamos o melhor custo benefício para tornar mais viável a aplicação do nosso produto educacional.

No Apêndice A, apresentamos a descrição detalhada de cada dispositivo, necessários para a montagem do robô de sumô modelo básico, acompanhada de foto para facilitar a identificação dos mesmos e um quadro com o orçamento dos dispositivos utilizados. Os preços foram consultados na loja virtual Usinainfo no dia 23 de março de 2022. Vale lembrar que é possível encontrar preços melhores, dessa forma, mais pesquisas de preços e negociações são sempre recomendadas. Por exemplo, as baterias nós conseguimos encontrar no mercado local por R\$

10,00 a unidade, enquanto na Usinainfo custa R\$23,66 a unidade.

## 5.2 Dojô - ringue dos combates

O dojô é o local onde os combates de robô de sumô são realizados. O dojô utilizado em nosso produto educacional é feito de chapa de madeira compensada com espessura de 2,0 cm. Com formato circular possui diâmetro 120 cm e altura de 8 cm (Figura 47).

Figura 47 – Dojô feito de madeira compensada.



Fonte: Próprio autor (2022).

Para facilitar o transporte e o manuseio do dojô, ele pode ser dividido em quatro partes, que se encaixam e ocupam um espaço menor. Esta madeira compensada possui uma densidade, tal que a massa de um dojô com estas dimensões é relativamente pequena, tornando mais fácil o seu transporte (veja Figura 48).

As quatro partes do dojô (na forma de quadrantes), devem ser fixadas com parafusos, porcas e arruelas, formando o círculo de madeira mostrado na Figura 47. A cor do dojô é preta com borda branca de 5,0 cm de largura. As duas faixas próximo ao centro do dojô determinam a posição dos robôs no início da luta, esta faixa é denominada **shikiri** e possui 2,0 cm de largura, o

Figura 48 – Dojô dividido em quatro partes.

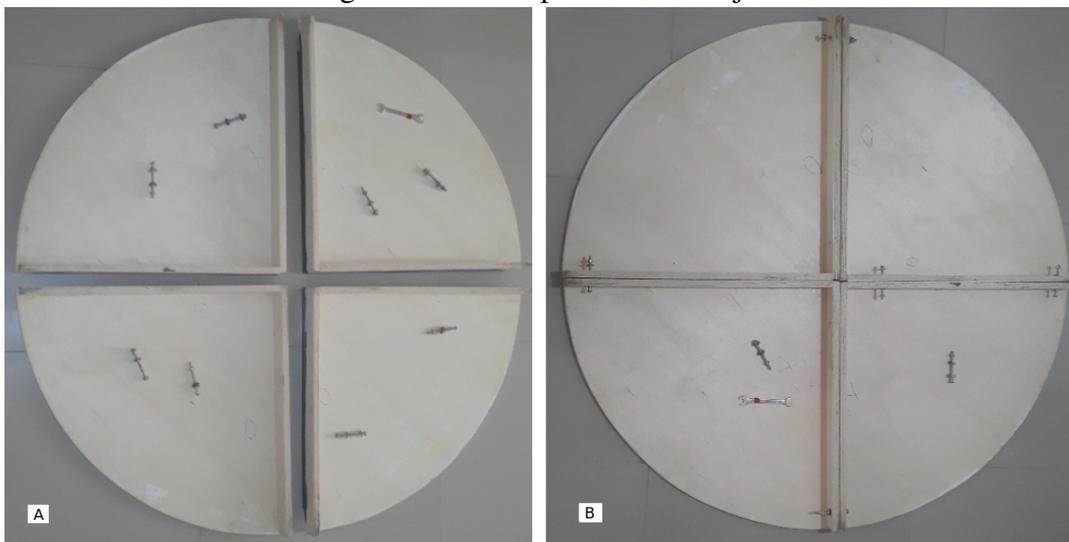


Fonte: Próprio autor (2022).

comprimento dela e a separação entre elas, corresponde a 20,0 cm.

Os lados retos de cada quadrante possuem uma peça de madeira, que serve para a fixação das partes do dojô, que é feita utilizando parafusos e porcas. Na parte A da Figura 49, os quadrantes do dojô ainda estão separados e os parafusos, porcas e arruelas estão expostos. Na parte B da Figura 49, os quadrantes já estão unidos, restando apenas dois parafusos para serem fixados.

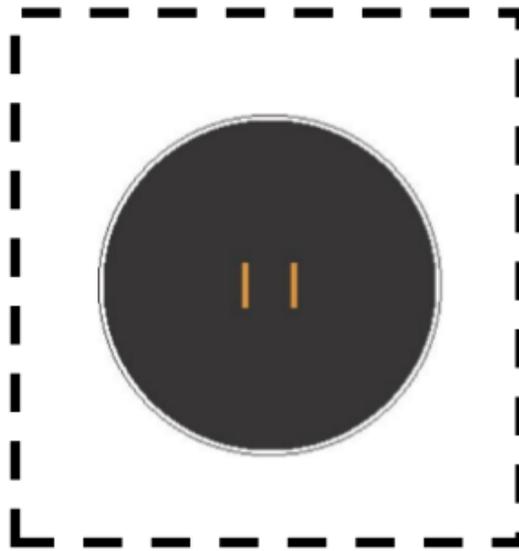
Figura 49 – Lado posterior do dojô.



Fonte: Próprio autor (2022).

A área do dojô na Figura 50 está delimitada pela linha tracejada. A dimensão de cada lado da área do dojô pode ser aproximadamente 3 (três) vezes o raio do dojô. No momento das disputas dos rounds ninguém pode adentrar na área do dojô, isso é feito com o intuito de evitar interferências no funcionamento dos sensores ultrassônicos.

Figura 50 – Área do dojô.



Fonte: Próprio autor (2022).

Uma forma de delimitar a área do dojô é utilizando fitas adesivas de cores diferentes para sinalizar o lado de cada equipe. Pode ser utilizado também tiras de tecido fixadas como fita adesiva. Ou caso seja permitido, pode-se utilizar tinta para desenhar as linhas da área do dojô no piso.

### 5.3 Computadores

A melhor situação para aplicação deste produto é aquela em que cada equipe conta com um computador para desenvolver as atividades. Ou seja, para aplicação do nosso produto, seria necessário quatro computadores, considerando equipes formadas por quatro alunos. Outra possibilidade é a utilização do Tinkercad através do celular, que é mais acessível para a maioria dos alunos, e é um dispositivo que eles manipulam com maior facilidade. No Tinkercad é possível simular circuitos com o Arduíno e preparar os sketches (programas no Arduíno) na linguagem C++.

#### **5.4 Data show**

O data show não é um elemento essencial, mas facilita bastante o trabalho do professor na apresentação da montagem dos circuitos e códigos para a turma. Possibilita ao aluno desenvolver as atividades pari passu às orientações e sugestões do professor. Na medida do possível é recomendado que o professor utilize este recurso.

## **6 AVALIAÇÃO**

### **6.1 Observação do desempenho nas atividades**

Observaremos a interação com as equipes e entre elas, procurando detectar a criatividade, o raciocínio lógico, a organização, trabalho em equipe, habilidade digital. O professor deve fazer os registros dos dados imediatamente, caso seja possível, se não ao final de cada aula.

### **6.2 Testes**

Os testes do FCI serão utilizados no início e no final da aplicação do produto educacional. O pré-teste, que será utilizado para detectar os conhecimentos prévios dos alunos e também para avaliar a evolução conceitual dos alunos sobre as Leis de Newton. Isso será feito associado com o pós-teste, que será aplicado na aula anterior à competição dos robôs, cujas questões são equivalentes ao do pré-teste, como já mencionamos na subsecção 3.1.1.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. de S.; MESQUITA, B. D. Robótica educacional como mecanismo À educação profissional e tecnológica ao campo técnico em eletromecânica. In: \_\_\_\_\_. [S. n.], 2021. p. 95. ISBN 978-65-89910-01-5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351380749\\_ROBOTICA\\_EDUCACIONAL\\_COMO\\_MECANISMO\\_A\\_EDUCACAO\\_PROFISSIONAL\\_E\\_TECNOLOGICA\\_AO\\_CAMPO\\_TECNICO\\_EM\\_ELETROMECANICA](https://www.researchgate.net/publication/351380749_ROBOTICA_EDUCACIONAL_COMO_MECANISMO_A_EDUCACAO_PROFISSIONAL_E_TECNOLOGICA_AO_CAMPO_TECNICO_EM_ELETROMECANICA). Acesso em: 06 set. 2021.

ARDUINO. **O que é o Ardoíno?** 2021. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 23 set. 2021.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1ª. ed. Lisboa: Plátano, 2003.

BRUTTI, D. S.; COLLETO, N. M.; OLIVEIRA, G. O. D. Influência dos conceitos intuitivos na formação dos conceitos formais, na relação entre movimento e a 2ª lei de newton. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 59 – 79, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.

CARVALHO, J. A.; RICCIO, J. G.; GAMA, L. B. Projetos mecânico e lógico para a construção de robô de sumô autônomo . In: Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, 2008. []. Revistas.unifacs, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.

FERNANDES, S. A. **Um Estudo Sobre a Consistência de Modelos Mentais Sobre Mecânica de Estudantes de Ensino Médio**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese\\_simone\\_aparecida\\_fernandes.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8NVHGR/1/tese_simone_aparecida_fernandes.pdf). Acesso em: 17 fev. 2021.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: Mecânica**. 3ª. ed. São Paulo: Ática, 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HAN, J.; BAO, L.; CHEN, L.; CAI, T.; PI, Y.; ZHOU, S.; TU, Y.; KOENIG, K. Dividing the force concept inventory into two equivalent half-length tests. **Physics The Physics Teacher.**, 2015, v. 11, n. 1, p. 010112.1 – 010112.9, 2015. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.11.010112>. Acesso em: 24 mar.2021.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force concept inventory. **The Physics Teacher.**, 1992, v. 30, p. 141 – 158, 1992. Disponível em: <http://modeling.asu.edu/R&E/FCI.PDF>. Acesso em: 23 mar.2021.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KALIL, F.; HERNANDEZ, H.; ANTUNEZ, M. F.; OLIVEIRA, K.; FERRONATO, N.; SANTOS, M. R. dos. Promovendo a robótica educacional para estudantes do ensino médio público do brasil. **Nuevas Ideas en Informática Educativa - TISE**, v. 9, p. 739–742, 2013. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen9/TISE2013/739-742.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

LUCIANO, A. P. G. **A Utilização da Robótica Educacional com a Plataforma Arduino: uma contribuição para o ensino de Física** 2014. 150 f. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4416/1/000215156.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. **Física contexto e aplicações: Mecânica**. 1ª. ed. São Paulo: Scipione, 2013.

McROBERTS, M. **Arduino básico**. Tradução: Rafael Zanolli. 1ª. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

MEDEIROS, D. Descartes e o fundamento metafísico da inércia natural dos corpos na correspondência com mersenne. **Modernos Contemporâneos - International Journal of Philosophy.**, 2018, v. 1, n. 2, p. 70 – 83, 2017. Disponível em: <https://www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/modernoscontemporaneos/article/view/3259/2497>. Acesso em: 23 mai. 2021.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e natureza da ciência no ensino de física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. 2014. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19489/1/MidiaMedeirosMonteiro_DISSERT.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

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

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista.**, v. 1, n. 3, p. 25 – 46, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID16/v1\\_n3\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf). Acesso em: 26 set. 2020.

NEVESJÚNIOR, O. d. R. **Desenvolvimento da fluência tecnológica em programa educacional de robótica pedagógica**. 2011. 201 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94846/297746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out. 2021.

NIEDERAUER, G.; CIPRIANI, J.; CARRILHO, D. Desenvolvimento de um robô autônomo para competições de sumô robótico . In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE, 2017. [J]. Ijuí - RS: Unijui, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/318/267>. Acesso em: 23 fev. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: mecânica**. 5ª. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e movimento: de Thales a Galileu**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Publicação interna, 2015. Disponível em: <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia/textos>. Acesso em: 11 jun. 2021.

POLITO, A. M. M. Galileu, descartes e uma breve história do princípio da inércia. **Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/12624>. Acesso em: 03 maio. 2021.

POSKITT, K. **Isaac Newton e sua maçã**. Tradução: Eduardo Brandão. 1ª. ed. São Paulo: Companhia da Letras, 2001.

REZENDE, E. P. de. **A Noção de Inércia em Galileu Galilei**. 2018. 153 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018\\_EvaldoPereiradeRezende.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33843/1/2018_EvaldoPereiradeRezende.pdf). Acesso em: 20 mai. 2021.

SILVA, A. F. **RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com robótica educacional**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15128/1/AlziraFS.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SILVA, B. K. da. **A Relação Força-Movimento em um Contexto Histórico e sob a Análise do PNLD**. 2017. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4403/1/000227224.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SILVA, G. A. Leis de Kepler do movimento planetário: um breve panorama de como a história da cosmologia mostra sua descoberta. In: 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. [Anais eletrônicos do 15º SNHCT]. Florianópolis - SC: ISBN: 978-85-93331-00-8, 2016.

SILVA, P. R. d. S. **Jogo digital de plataforma 2D como organizador prévio no ensino de física**. 2020. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23810/1/jogodigitalorganizadorprevio.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

SOUSA, C. J. d. M. **O arduino e o visual Basic como recursos didáticos na prática experimental para o ensino de eletrostática e primeira lei de ohm**. 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Maceió, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1804>. Acesso em: 13 out. 2020.

SOUZA, S. C. B. de. **Planejamento de Trajetória para um Robô Móvel com duas Rodas Utilizando um Algoritmo A-Estrela Modificado**. 2008. 97 f. Dissertação (UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2008121701.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

SÁ, D. R. R. de. **O princípio de inércia sob aspectos histórico-epistemológicos : uma possibilidade contributiva para o ensino de física**. 2020. 149 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020. Disponível em: [http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa\\_2020.pdf](http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5897/1/Danilo%20Ricardo%20Rosa%20de%20Sa_2020.pdf). Acesso em: 31 mai. 2021.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. Tradução: Paulo Machado Mors. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

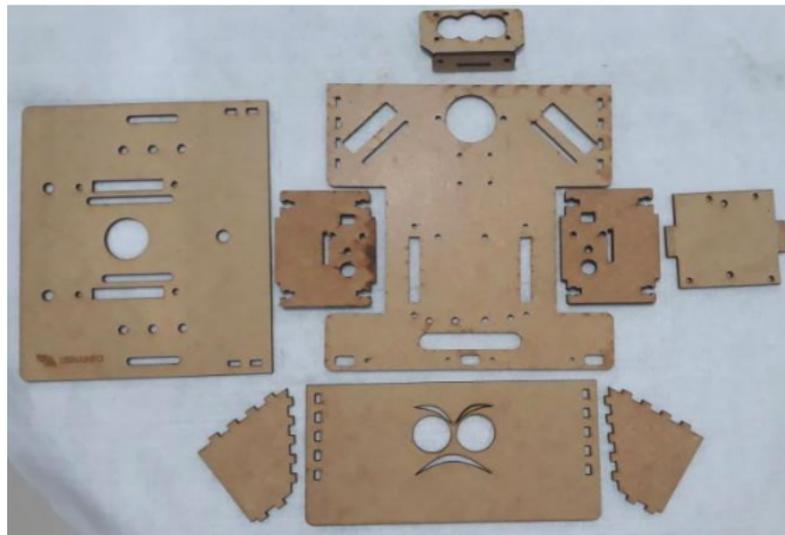
## APÊNDICE A – DESCRIÇÃO E ORÇAMENTO DOS DISPOSITIVOS USADOS NO ROBÔ DE SUMÔ

A seguir, estão detalhados cada item que compõe o robô de sumô e no final apresentamos um quadro com o orçamento.

### 1. Chassi em MDF para Robô de Sumô básico

O chassi do robô de sumô básico é composto por 9 peças de MDF 3mm, como aparece na Figura 51. Pode ser usado outros materiais para substituir o MDF como, por exemplo, acrílico.

Figura 51 – Chassi em MDF do robô de sumô básico.

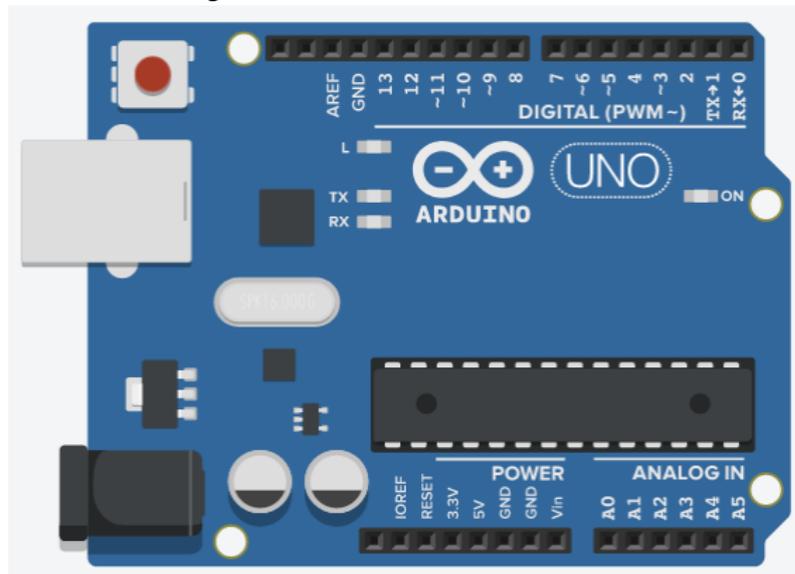


Fonte:Próprio autor (2020).

### 2. Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino

A placa Arduino Uno R3 é um dos vários modelos que existem e tem como principal componente o microcontrolador ATmega328P. A Figura 52 mostra a placa Arduino Uno R3. O Arduino Uno é a melhor placa para começar com eletrônica e codificação. A Uno é a placa mais usada e documentada de toda a família Arduino. Dentre outros elementos, ela possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, uma conexão USB, um conector de alimentação, um botão de reset.

Figura 52 – Placa Arduino Uno R3.



Fonte: Plataforma online Tinkercad (2020).

O cabo USB para placa Arduino é utilizado para transferir dados da placa para o computador ou levar os sketch (programas) do computador para a placa, como também, para alimentar a placa. Este cabo é do mesmo tipo usado para conectar computadores à impressoras, a Figura 53 exibe um deles.

Figura 53 – Cabo USB para Arduino.



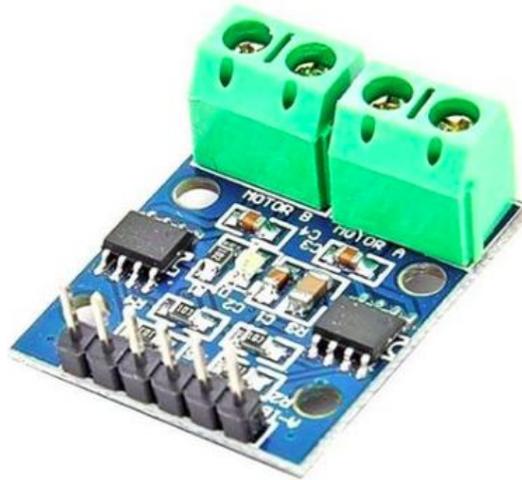
Fonte: Próprio autor (2020).

### 3. Driver Duplo Ponte H de motor DC ou Passo L9110s

É um dispositivo eletrônico utilizado para controlar o sentido de giro do motor e a sua velocidade. Com ele é possível controlar dois motores DC de forma independente, ou para controlar um motor de passo bifásico de quatro fios. Ela é utilizada também para conectar e controlar uma fonte externa de energia (bateria ou pilhas), já que os motores DC exigem

intensidades de correntes que o Arduino não é capaz de fornecer. A Figura 54<sup>1</sup>, apresenta o modelo de ponte H que utilizamos em nosso projeto.

Figura 54 – Drive duplo ponte H de motor DC.

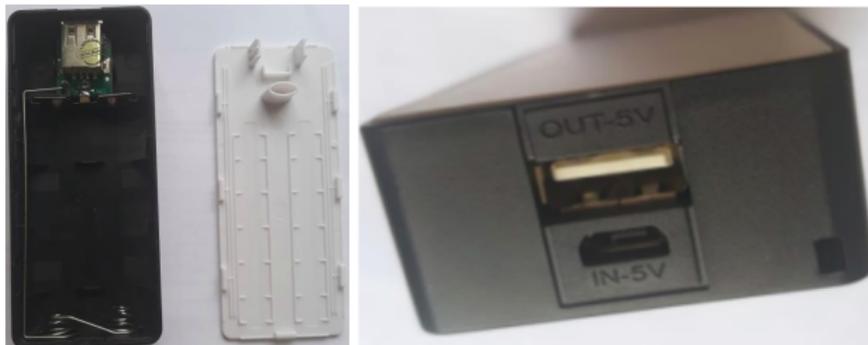


Fonte: Site Autocore Robótica (2020).

#### 4. Carregador de Bateria 18650 Duplo

Este carregador tem capacidade para duas baterias de 3,7 V e tem um regulador de tensão que eleva de 3,7 V para 5 V na saída USB, como é mostrado no lado esquerdo da Figura 55. O lado direito da Figura 55 mostra uma entrada micro USB de 5 V que é compatível com a maioria dos carregadores de celular e uma saída USB fêmea de 5V para fornecer a energia armazenada nas baterias para o funcionamento do nosso robô.

Figura 55 – Carregador de bateria 18650 duplo.



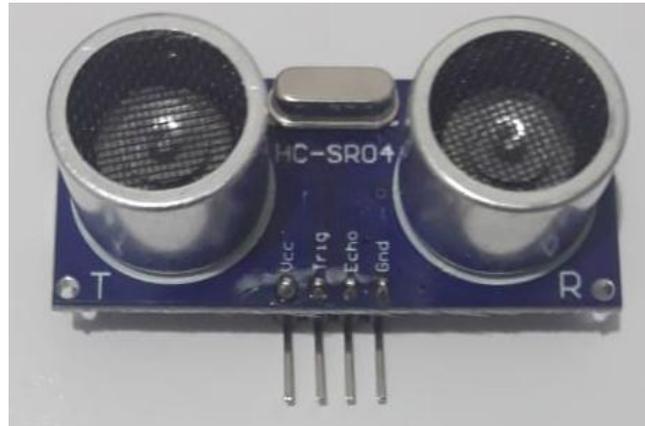
Fonte: Próprio autor (2020).

<sup>1</sup> Fonte, Autocore Robótica, disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/driver-ponte-h-duplo-l9110s>.

## 5. Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04

Este sensor é utilizado para determinar distância de corpos através da emissão e recepção de ondas sonoras. Em nosso projeto ele será utilizado para localizar o oponente no dojô.

Figura 56 – sensor ultrassônico de distância HC-SR04.



Fonte: Próprio autor (2020).

## 6. Chave Push Button PBS-102 104 Preta NF 1A

Esta chave push button (botão), vista na Figura 57, é utilizada para acionar o robô no início da batalha. É o último contato que o competidor tem com o robô, a partir desse momento o robô atua de forma autônoma.

Figura 57 – Chave push button PBS-102 NF.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 7. Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô

Além das duas rodas traseiras o nosso robô utiliza esta esfera deslizante na dianteira mostrada na Figura 69, que possibilita a execução de manobras.

Figura 58 – Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 8. Rodas com Caixa de Redução e Motores 48:1 200RPM

Em nosso robô utilizamos dois jogos de roda e motor, na Figura 59 apresenta apenas um jogo. Especificações: Modelo: RDC48F; Tensão do motor: 3 a 6V; Diâmetro dos pneu: 64mm; Largura dos pneu: 2,5cm; Relação de redução 48:1; Rotações: 200RPM (6V); Comprimento dos fios: 15cm; Bitola dos fios: 0,50mm<sup>2</sup>; Peso: 75g.

Figura 59 – Roda com caixa de redução e motor.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 9. Bateria 18650 Li-Ion Recarregável 3.7V 3800mAh Button-top

Um banco com duas baterias recarregáveis de 3,7 V (Figura 60) é utilizado em nosso robô. O regulador de tensão que compõe o carregador da Figura 55 eleva a tensão de 3,7 V para 5 V que é uma tensão utilizada na placa Arduino.

Figura 60 – Bateria 18650 Li-Ion recarregável.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 10. Módulo Sensor Reflexivo Infravermelho TCRT5000

O robô de sumô utiliza três módulos sensores reflexivos infravermelhos, dois na dianteira e um na parte posterior, um destes módulos sensores é mostrado na Figura 61. Ele é utilizado para detectar a cor branca da borda do dojô e o robô é programado para não ultrapassar esta linha, de tal modo que o robô permaneça dentro do dojô.

Figura 61 – Módulo sensor reflexivo infravermelho.



Fonte: Próprio autor (2020).

## ORÇAMENTO DO ROBÔ DE SUMÔ

Quadro 3 – Orçamento do Robô de Sumô

Quantidade	Ordem/Produto	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
1 unidade	1 - Kit Chassi MDF Robô Sumô	28,34	28,34
1 unidade	2 - Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino	104,03	104,03
1 unidade	3 - Driver Duplo Ponte H de motor DC	14,87	14,87
1 unidade	4 - Carregador de Bateria 18650 Duplo	26,84	26,84
1 unidade	5 - Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04	12,83	12,83
1 unidade	6 - Chave Push Button PBS-102 104 Preta NF 1A	7,88	7,88
1 unidade	7 - Esfera Deslizante Metálica para Carro Robô	13,78	13,78
2 unidades	8 - Rodas com C. de Redução e Motores 200RPM	28,50	57,00
4 unidades	9 - Baterias 18650 Li-Ion Recarregável 3.7V	23,66	94,64
2 unidades	10 - Parafusos Philips M3 x 16mm Metálicos	0,29	0,58
3 unidades	11 - Módulo Sensor R. Infravermelho TCRT5000	7,29	21,87
20 unidades	12 - Jumpers P. para Protoboard Macho-Macho 20cm	8,46	8,46
4 unidades	13 - Parafusos Philips M3 x 30mm Metálicos	0,35	1,40
5 unidades	14 - Parafusos Philips M3 x 6mm Metálicos	0,18	0,90
11 unidades	15 - Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos	0,18	1,98
18 unidades	16 - Porcas M3 x 2,4mm Metálicas	0,132	2,38
20 unidades	17 - Jumpers P. para Protoboard Macho-Fêmea 20cm	0,42	8,46
1 unidade	18 - Cabo USB Macho Com 4 Fios DIY	9,88	9,88
		Total Final (R\$)	416,12

Fonte: Adaptado de [www.usinainfo.com.br](http://www.usinainfo.com.br)

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO I - DETECTANDO INFORMAÇÕES SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

**QUESTÕES PARA DETECTAR INFORMAÇÕES SOBRE OS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

1. A disciplina que mais combina com você, aquela que você mais gosta:
  - a) Física;
  - b) Matemática;
  - c) Português;
  - d) Biologia;
  - e) História;
  - f) Arte;
  - g) Outra. Qual?\_\_\_\_\_.
2. De que forma você se desloca da sua casa até a escola?
  - a) Ônibus;
  - b) Automóvel;
  - c) Motocicleta;
  - d) Bicicleta;
  - e) A pé;
  - f) Outra. Qual?\_\_\_\_\_.
3. Quanto tempo você gasta para ir da sua casa até a escola?
  - a) Até 10 minutos;
  - b) Entre 10 e 20 minutos;
  - c) Entre 20 e 30 minutos;
  - d) Entre 30 e 40 minutos;
  - e) Mais de 40 minutos;
4. Você tem disponibilidade para comparecer á escola no turno da manhã?
  - a) Uma vez por semana;
  - b) Duas vezes por semana;
  - c) Três vezes por semana;
  - d) Não tem disponibilidade;
5. Das habilidades e atitudes relacionadas abaixo, quais você considera que possui?

- a) Atitude de liderança;
- b) Habilidades manuais;
- c) Habilidade de Raciocínio lógico;
- d) Habilidade de comunicação;
- e) Habilidade criativa;
- f) Atitude de cooperação;
- g) Atitude proativa (tomar iniciativas, assumir responsabilidades etc.);

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO II - EXPERIÊNCIAS DOS ALUNOS COM FERRAMENTAS DIGITAIS

### QUESTÕES SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS COM FERRAMENTAS DIGITAIS

1. Com relação ao acesso à internet:

- a) Acessa utilizando computador com muita frequência;
- b) Acessa utilizando computador com pouca frequência;
- c) Acessa através do celular com muita frequência;
- d) Acessa através do celular com pouca frequência;
- e) Acessa através do celular e do computador com muita frequência;
- f) Acessa através do celular e do computador com pouca frequência;
- g) Não tem acesso à internet.

2. Quais redes sociais você utiliza?

- a) YouTube;
- b) Facebook;
- c) WhatsApp;
- d) Instagram;
- e) Twitter;
- f) Uso outra. Qual?
- g) Não uso redes sociais.

3. Possui e-mail ? Em caso afirmativo, qual seu endereço de e-mail?

4. Você já teve alguma experiência na escola ou em eventos fora da escola relacionado com a robótica?

5. Já utilizou a linguagem de programação C++ ? Ou alguma outra linguagem?

6. Você conhece o simulador de circuitos elétrico Tinkercad? Já o utilizou?

7. Já participou de projeto que utilizassem a placa Arduino? Em caso afirmativo, qual?

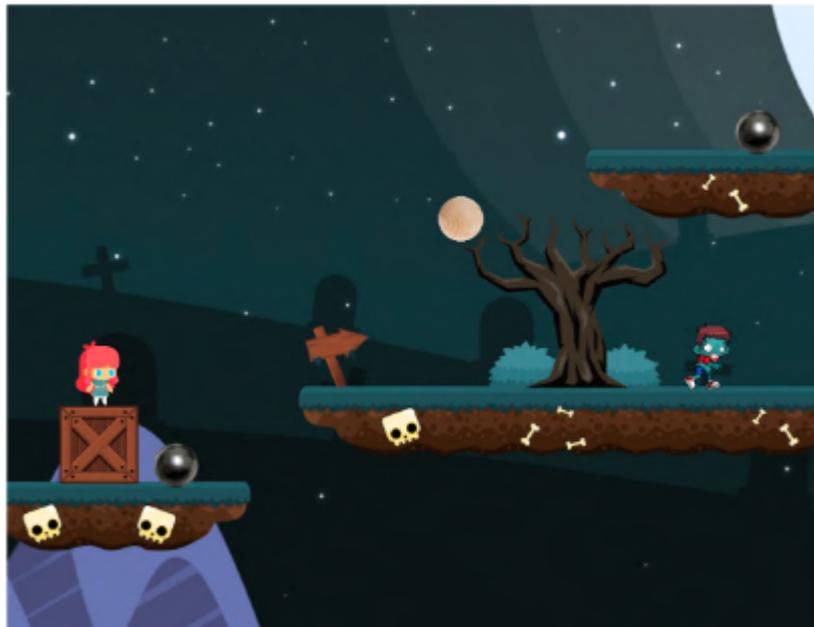
8. Já tinha conhecimento da modalidade de competição robô de sumô?

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO III - UTILIZANDO AS CENAS DO JOGO NEWTÔNIA

Newtônia é um jogo que possui situações de jogo baseado em algumas questões do pré-teste sobre as Leis de Newton. Abaixo são apresentadas ilustrações de alguns desses momentos e questionamentos a respeito dos mesmos. É necessário que você jogue observando cada momento indicado, para rever suas ideias a respeito desses fenômenos. (Para acessar o jogo Newtônia: [www.fisicagames.com.br](http://www.fisicagames.com.br).) Obs.: Este jogo não está funcionando adequadamente no celular, somente pelo computador.

1) Analise esta situação do jogo que apresenta o fenômeno da queda dos corpos. Uma esfera de madeira e outra de metal rolam sobre uma plataforma até cair (veja Figura 62). Qual delas vai atingir o solo mais distante da plataforma. Por que isso acontece?

Figura 62 – Esferas de metal e de madeira caem da plataforma.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtônia (2021).

2) Verifique esta situação do jogo que está relacionada com a Terceira Lei de Newton. Um monstro de pedra empurra outro monstro de pedra maior que ele, como está representado na Figura 63. Encontre esta situação no jogo Newtônia e descreva como ela acontece. As forças que os monstros de pedra aplicam um sobre o outro têm mesmo valor. Esta afirmativa é verdadeira ou falsa.

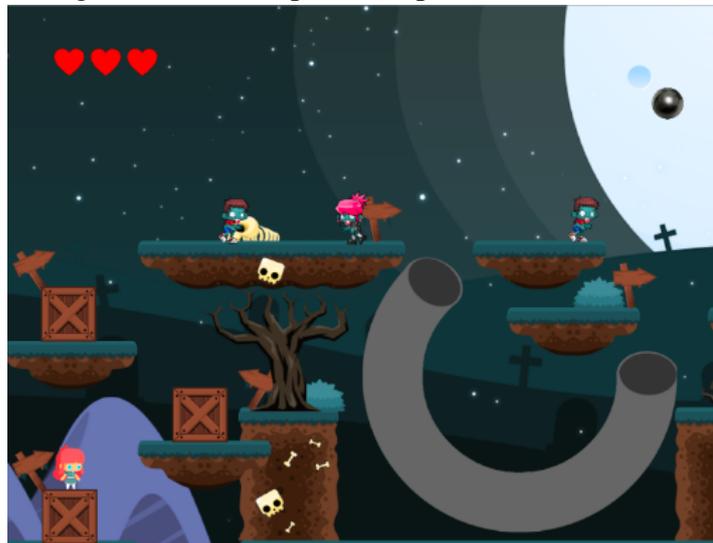
Figura 63 – Monstro de pedra menor empurra o monstro maior.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtônia (2021).

3) Este fenômeno apresentado no jogo está relacionado com a Primeira Lei de Newton. No jogo tem uma situação na qual uma esfera de metal é arremessada em um tubo circular como está representado na Figura 64. Observe e descubra qual a trajetória que a esfera faz após sair do tubo. E tente determinar as forças que atuam na esfera quando ela está na posição mais baixa do tubo.

Figura 64 – Esfera passando por um tubo circular.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtônia (2021).

4) Verifique esta situação do jogo que está relacionada com a atuação de forças sobre um corpo. Nesta parte do jogo, Zumbis arremessam esferas para cima em linha reta (veja Figura 65). Encontre esta situação no jogo e tente descobrir quais forças atuam na esfera após ser arremessada.

Figura 65 – Zumbis arremessam esferas para cima.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

5) Observe esta situação do jogo que está relacionada com lançamento de projéteis. Durante o jogo há um momento em que um canhão dispara uma esfera contra Fedora (veja Figura 66). Observe e descreva a trajetória da esfera.

Figura 66 – Canhão arremessam esferas.

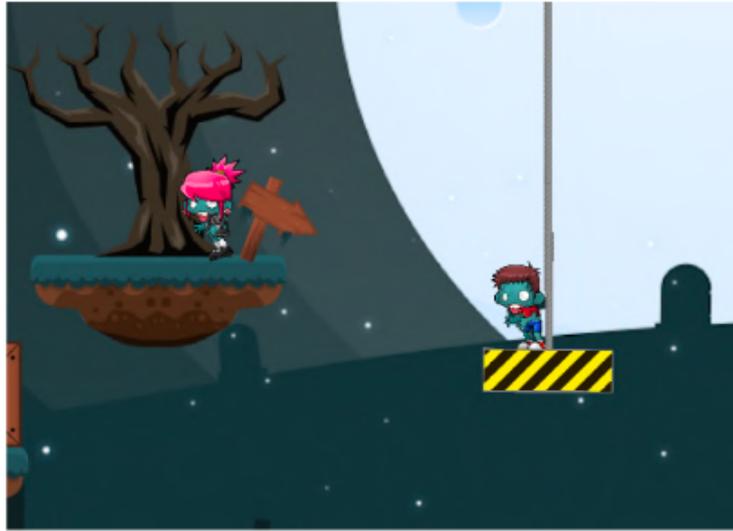


Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

6) Utilize esta situação do jogo que está relacionada com a Primeira Lei de Newton. Um zumbi usa um elevador para se deslocar para cima com velocidade constante (veja Figura 67). A força que atua para cima é maior do que a força que atua para baixo. Esta afirmativa é

verdadeira ou falsa? Procure observar a situação no jogo e justifique sua resposta.

Figura 67 – Zumbi subindo de elevador.



Fonte: Captura de tela do jogo Newtonia (2021).

## APÊNDICE E – CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO (SKETCH) DO ROBÔ DE SUMÔ

```

unsigned long timeround = 0;
unsigned long tempo1;
unsigned long tempo2;
unsigned long tempo3;
unsigned long tempo4;
unsigned long tempo5;
unsigned long tempo6;
unsigned long tempo7;
unsigned long tempo8;

int BUTTON = 0;
int i = 0;
int DISTANCIA = 0;
int SENSOR_DIANTEIRO = 0;
int SENSOR_TRASEIRO = 0;
int SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO = 0;
int counter;

long readUltrasonicDistance (int triggerPin, int echoPin){
  pinMode(triggerPin, OUTPUT); // Terminal trigg (pino 10).
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT); // Terminal echo (pino 7)
  return pulseIn(echoPin, HIGH);}

void setup(){
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(12, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);

  pinMode(11, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho dianteiro;
  pinMode(4, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho dianteiro direito;
  pinMode(8, INPUT); //Entrada de informação vinda do sensor infravermelho traseiro;
  pinMode(5, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda direita (gira pra trás);
  pinMode(9, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda direita (gira pra frente);
  pinMode(3, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda esquerda (gira pra frente);
  pinMode(6, OUTPUT); //Saída de informação para o motor da roda esquerda (gira pra trás);

void loop(){
  digitalWrite(13, HIGH);
  BUTTON = digitalRead(12);
  while (!(BUTTON == LOW)) {

  BUTTON = digitalRead(12);} //Botão localizado no teto do robô.
  for (counter = 0; counter < 5; ++counter) //Após o botão (BUTTON), o LED pisca 5 vezes.
  { digitalWrite(13, LOW); // LED incorporado à placa Arduino (pino 13) está LOW (desligado).
  delay(500); // O LED fica desligado por 500 milissegundos.
  digitalWrite(13, HIGH); // LED incorporado à placa Arduino (pino 13) está HIGH (ligado).
  delay(500); } //O LED fica ligado por 500 milissegundos.

  timeround = millis();
  while ((millis() - timeround) < 60000) {
    DISTANCIA = 0.01723 * readUltrasonicDistance(10, 7);
    delay(500);
    Serial.println(DISTANCIA);

```

```

SENSOR_DIANTEIRO = digitalRead(11); //Sensor infravermelho dianteiro esquerdo (pino 11).
SENSOR_TRASEIRO = digitalRead(8); //Sensor infravermelho traseiro (pino 8).
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO = digitalRead(4); //S. infravermelho dianteiro direito (pino 4).

if (DISTANCIA <= 50 && (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW &&
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == LOW)) {
    //Na ponte H - Roda direita (motor A); pino 5 (terminal A-1A); pino 9 (terminal A-1B).
    //Na ponte H - Roda esquerda (motor B); pino 6 (terminal B-1B); pino 3 (terminal B-1A).

    tempo1 = millis(); //Robô vai pra frente por 300 milissegundos (velocidade 250).
    while ((millis() - tempo1) < 300){
        analogWrite(5, 0); //Se a V > 0, roda direita gira pra trás (pino 5, velocidade (V) = 0).
        analogWrite(9, 250); //Se a V > 0, roda direita gira pra frente (pino 9, velocidade (V) = 250).
        analogWrite(6, 0); //Se a V > 0, roda esquerda gira pra trás (pino 6, velocidade (V) = 0).
        analogWrite(3, 250); //Se a V > 0, roda esquerda gira pra frente (pino 3, velocidade (V) = 250).

        //Os comentários acima se aplicam a todos os comandos semelhantes abaixo, mudando a velocidade em cada caso.

        tempo2 = millis(); // Robô fica parado por 500 milissegundos.
        while ((millis() - tempo2) < 500){
            analogWrite(5, 0);
            analogWrite(9, 0);
            analogWrite(6, 0);
            analogWrite(3, 0);}

        tempo3 = millis(); //Robô segue em frente por 300 milissegundos (velocidade 180).
        while ((millis() - tempo3) < 300){
            analogWrite(5, 0);
            analogWrite(9, 180);
            analogWrite(6, 0);
            analogWrite(3, 180);}

        tempo4 = millis(); // Robô fica parado por 500 milissegundos.
        while ((millis() - tempo4) < 500){
            analogWrite(5, 0);
            analogWrite(9, 0);
            analogWrite(6, 0);
            analogWrite(3, 0); }

        delay(100); }

    else {
        if (DISTANCIA > 50 && (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW &&
SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == LOW)) {

            tempo5 = millis(); //Robô segue em frente por 800 milissegundos (velocidade 200).
            while ((millis() - tempo5) < 800){
                analogWrite(5, 0);
                analogWrite(9, 200);
                analogWrite(6, 0);
                analogWrite(3, 200);}

            tempo6 = millis(); // Robô fica parado por 1000 milissegundos.
            while ((millis() - tempo6) < 1000){
                analogWrite(5, 0);
                analogWrite(9, 0);
                analogWrite(6, 0);

```

```

analogWrite(3, 0);}

tempo7 = millis();//Robô faz curva à direita por 500 milissegundos (velocidade 180).
while ((millis() - tempo7) < 500){
  analogWrite(5, 180);
  analogWrite(9, 0);
  analogWrite(6, 0);
  analogWrite(3, 180);}

tempo8 = millis();// Robô fica parado por 1000 milissegundos.
while ((millis() - tempo8) < 1000){
  analogWrite(5, 0);
  analogWrite(9, 0);
  analogWrite(6, 0);
  analogWrite(3, 0); }

tempo1 = millis();//Robô faz curva à esquerda por 300 milissegundos (velocidade 180).
while ((millis() - tempo1) < 300){
  analogWrite(5, 0);
  analogWrite(9, 180);
  analogWrite(6, 180);
  analogWrite(3, 0);}

tempo2 = millis();// Robô fica parado por 500 milissegundos.
while ((millis() - tempo2) < 500){
  analogWrite(5, 0);
  analogWrite(9, 0);
  analogWrite(6, 0);
  analogWrite(3, 0); }

  Serial.println(" Procurar oponente no dojo");}
else {
  if ((SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO
== LOW)) {
    //Robô se desloca pra trás (velocidade 150).
    analogWrite(5, 150);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 150);
    analogWrite(3, 0);

    Serial.println("Dianteira na borda do dojo!");
    delay(100); }

else {
  if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
LOW) {
    //Robô segue em frente (velocidade 150).
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 150);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 150);

    Serial.println("Avante com firmeza!");
    delay(100); }

else {

```

```

    if (SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH) {
    // Robô fica parado.
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 0);

    Serial.println("Fora do dojo");
    delay(100); }

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == LOW && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH){
    //Robô faz curva à esquerda (velocidade 180).
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 180);
    analogWrite(6, 180);
    analogWrite(3, 0);

    delay(200); }

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == HIGH && SENSOR_TRASEIRO == LOW && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
LOW){
    //Robô faz curva à direita (velocidade 150).
    analogWrite(5, 150);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 150);
    Serial.println("Curva à direita. ");
    delay(200);}

    else {
    if (SENSOR_DIANTEIRO == LOW && SENSOR_TRASEIRO == HIGH && SENSOR_DIANTEIRO_DIREITO ==
HIGH){
    //Robô faz curva à esquerda (velocidade 150).
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 150);
    analogWrite(6, 150);
    analogWrite(3, 0);

    delay(200);} // Espera por 200 milissecond(s)
    }}}}}
    if ((millis()-timeround)> 60000){
    // Robô fica parado round encerrado.
    analogWrite(5, 0);
    analogWrite(9, 0);
    analogWrite(6, 0);
    analogWrite(3, 0);
    Serial.println("Round encerrado");
    } } }

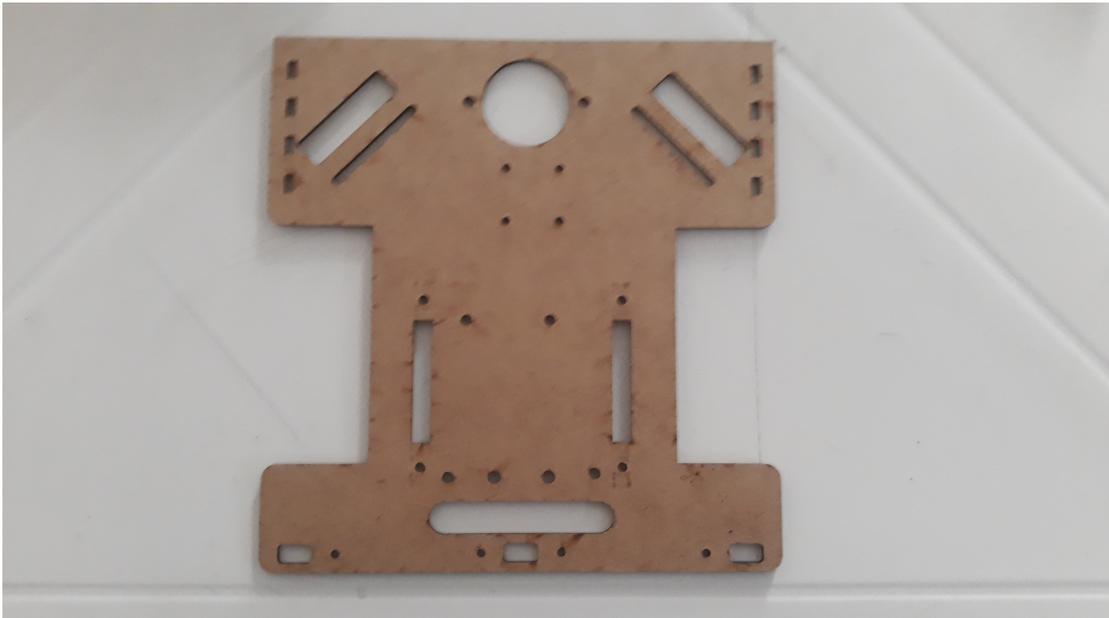
```

## APÊNDICE F – MONTAGEM DA ESTRUTURA MECÂNICA DO ROBÔ DE SUMÔ

### Primeira parte da montagem da estrutura mecânica (6º encontro)

A montagem começa pela identificação do chassi confeccionado em MDF, que está na Figura 68.

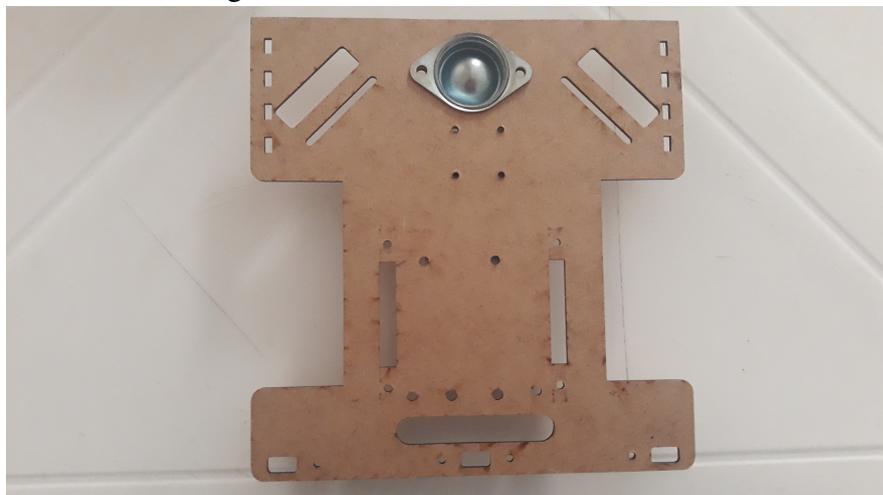
Figura 68 – Chassi em MDF do robô de sumô.



Fonte: Próprio autor (2022).

A esfera deslizante é colocada na abertura circular na parte dianteira do chassi do robô, como mostra a Figura 69

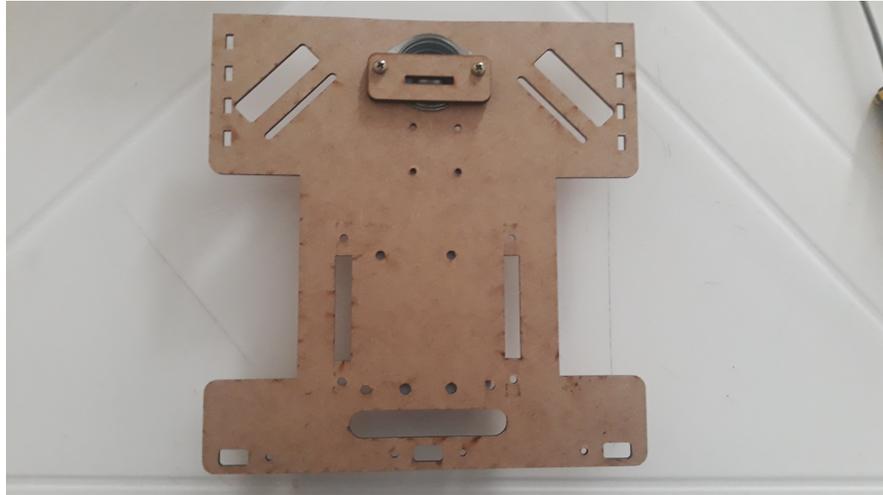
Figura 69 – Esfera deslizante metálica.



Fonte: Próprio autor (2022).

Sobre a esfera deslizante coloca-se o suporte para sensor ultrassônico, utilizando dois Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos e porcas para fixar o suporte e a esfera deslizante no chassi do robô (Figura 70).

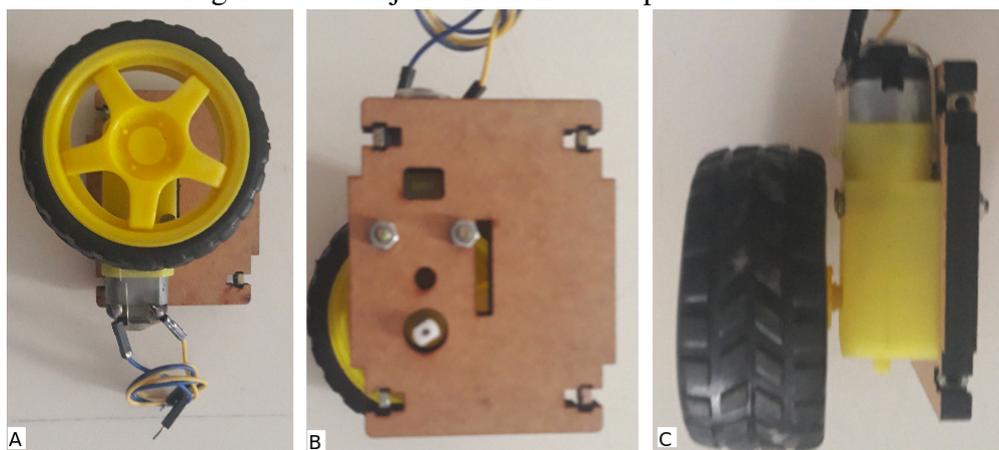
Figura 70 – Suporte de MDF para sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 71 mostra o conjunto roda, motor e suporte de MDF em três ângulos diferentes para melhor visualização da montagem. A fixação do motor no suporte de MDF é feita com dois parafusos Philips M3 x 30mm Metálico. Observe que nas fendas localizadas nos quatro cantos do suporte de MDF (foto B) deve-se colocar as porcas para fixação do suporte no chassi do robô.

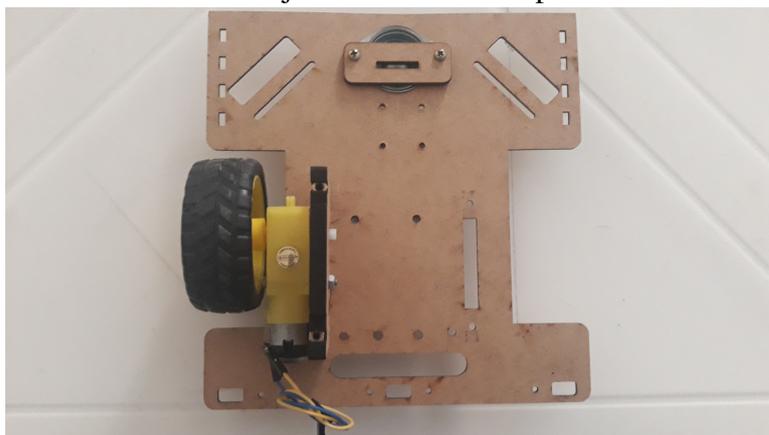
Figura 71 – Conjunto roda motor suporte de MDF.



Fonte: Próprio autor (2022).

Encaixe do conjunto roda, motor e suporte de MDF no chassi do robô. Utiliza-se dois Parafusos Philips M3 x 10mm Metálicos e porcas para fixar o conjunto roda, motor e suporte no chassi do robô.

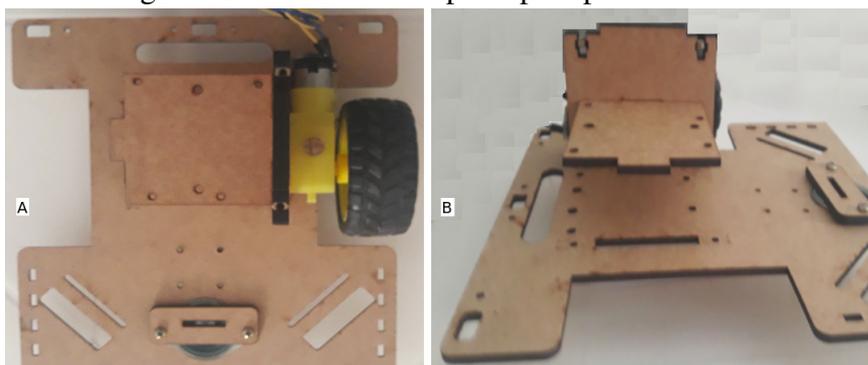
Figura 72 – Encaixe do conjunto roda motor suporte de MDF no chassi.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na foto (A) da Figura 73 tem-se a vista de cima do encaixe do suporte para placa Arduino e na foto (B) tem-se a vista lateral do mesmo suporte.

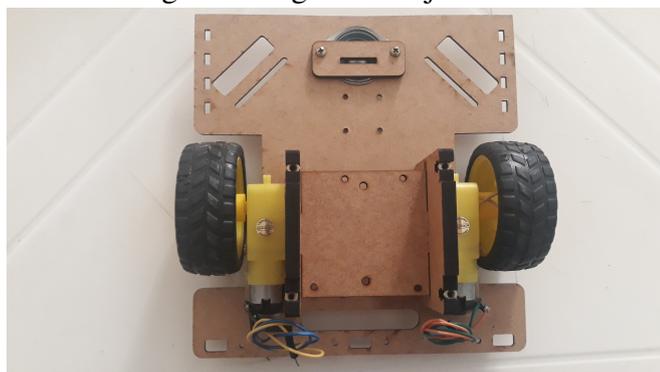
Figura 73 – Encaixe do suporte para placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

Colocação do segundo conjunto roda motor suporte no chassi utilizando parafusos e lateralmente encaixando no suporte da placa Arduino.

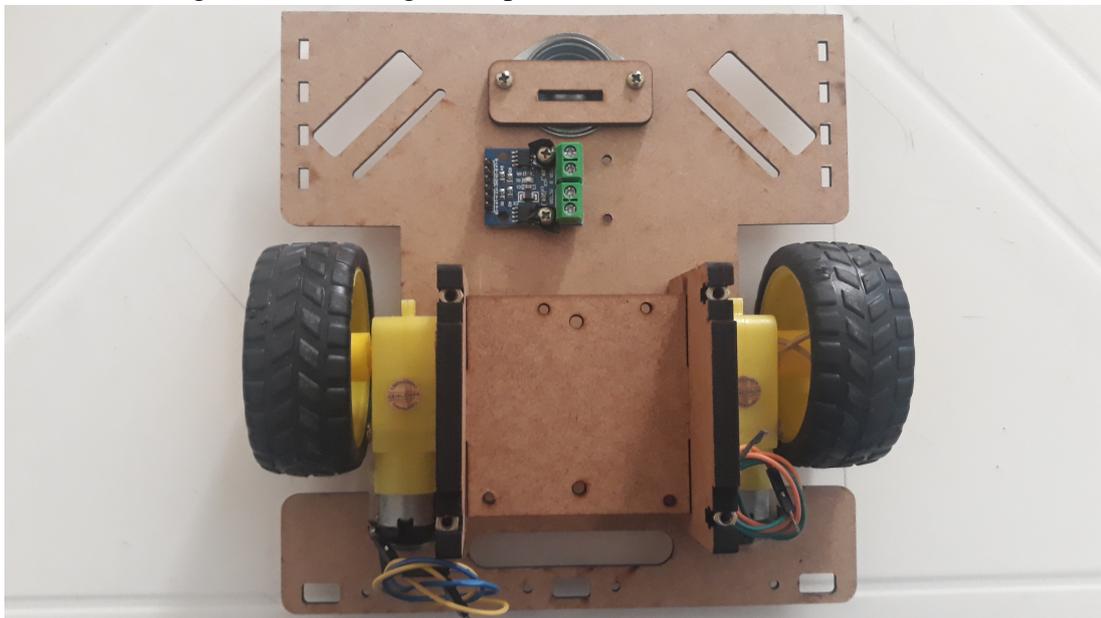
Figura 74 – Montagem do segundo conjunto roda motor suporte.



Fonte: Próprio autor (2022).

Fixação do dispositivo ponte H L9110s no chassi do robô utilizando dois parafusos philips M3 x 6mm metálicos.

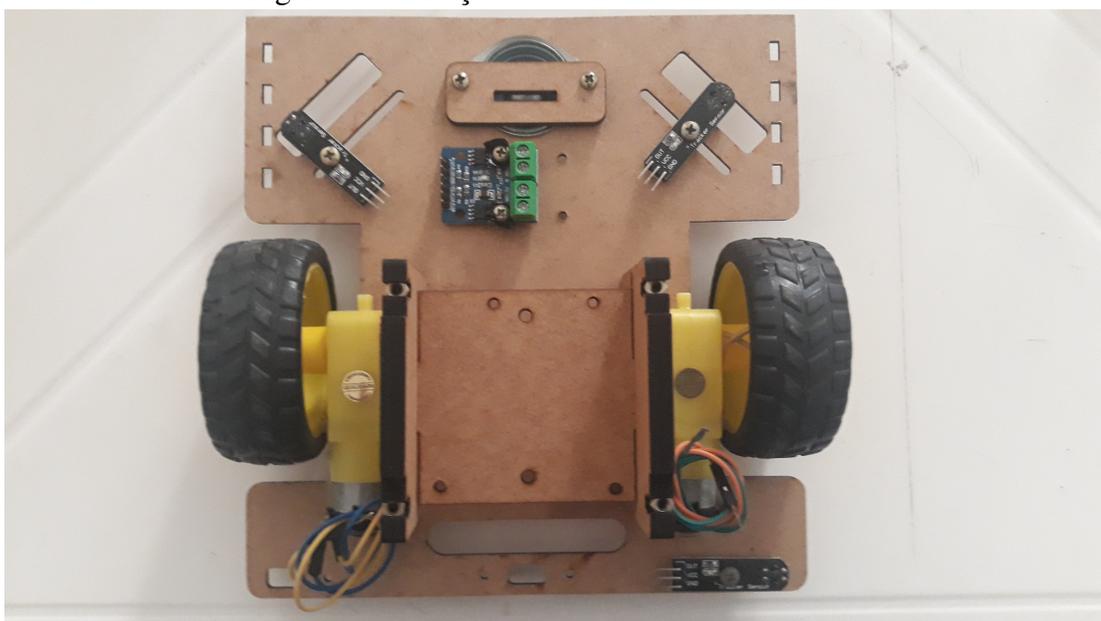
Figura 75 – Montagem da ponte H L9110s no chassi do robô.



Fonte: Próprio autor (2022).

Colocação dos sensores infravermelho na dianteira usando duas arruelas, uma por cima e outra por baixo do chassi, parafuso philips M3 x 16mm metálico. O sensor infravermelho traseiro utiliza apenas uma arruela por cima do chassi parafuso philips M3 x 10mm metálico.

Figura 76 – Fixação dos sensores infravermelho.

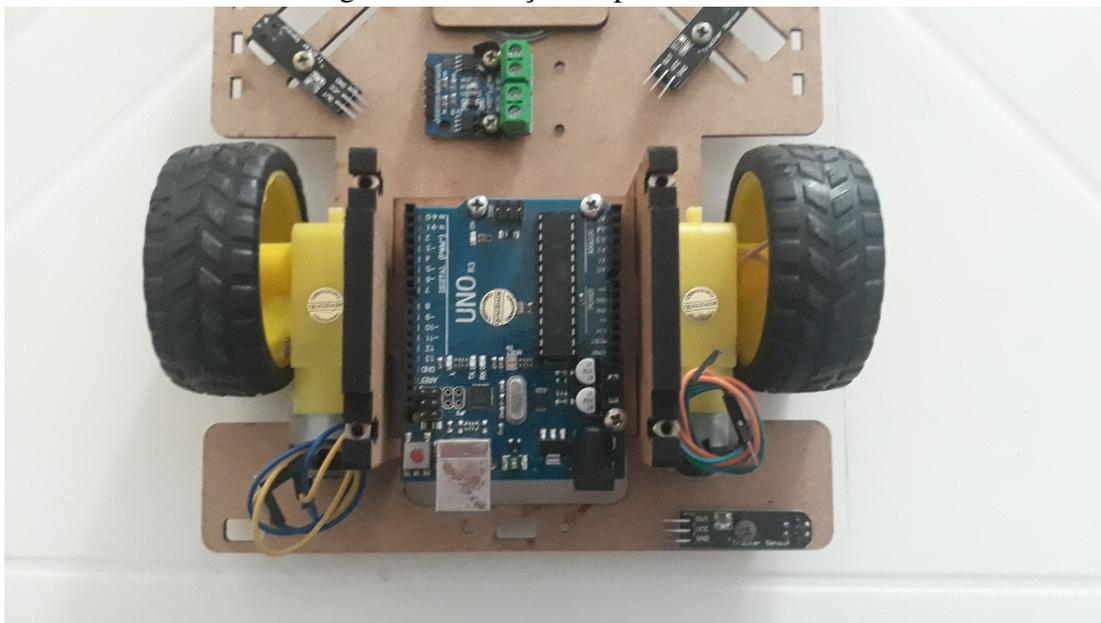


Fonte: Próprio autor (2022).

### Segunda parte da montagem da estrutura mecânica (7º encontro)

Para fixação da placa Arduino no suporte de MDF, usar parafusos philips M3 x 6mm metálicos, três parafusos são suficientes na posição mostrada na Figura 77.

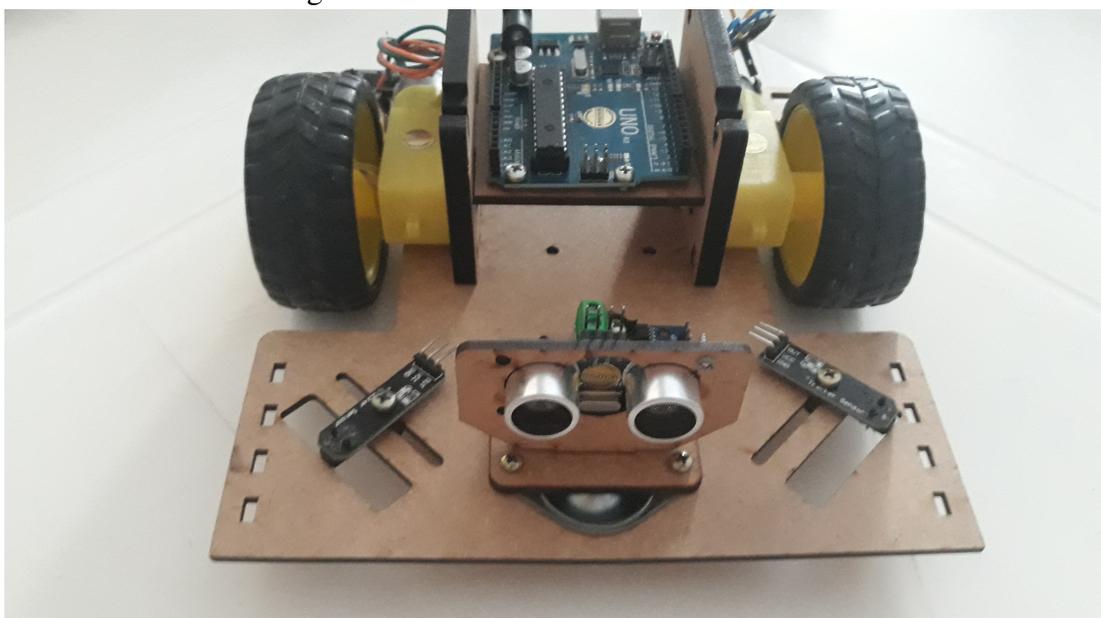
Figura 77 – Fixação da placa Arduino.



Fonte: Próprio autor (2022).

Primeiramente encaixa-se o sensor ultrassônico no suporte de MDF com duas aberturas circulares, em seguida encaixa-se este suporte no que está fixado sobre a esfera deslizando.

Figura 78 – Encaixe do sensor ultrassônico.



Fonte: Próprio autor (2022).

Apresentamos duas possibilidades para o suporte das baterias exclusivas dos motores. A primeira aparece na Figura 79, ela é bem simples e precisa somente de fita adesiva e papel alumínio. A vantagem desse arranjo é que ele pode ser colocado dentro do robô, dessa forma a massa fica melhor distribuída e contribui para o equilíbrio do robô.

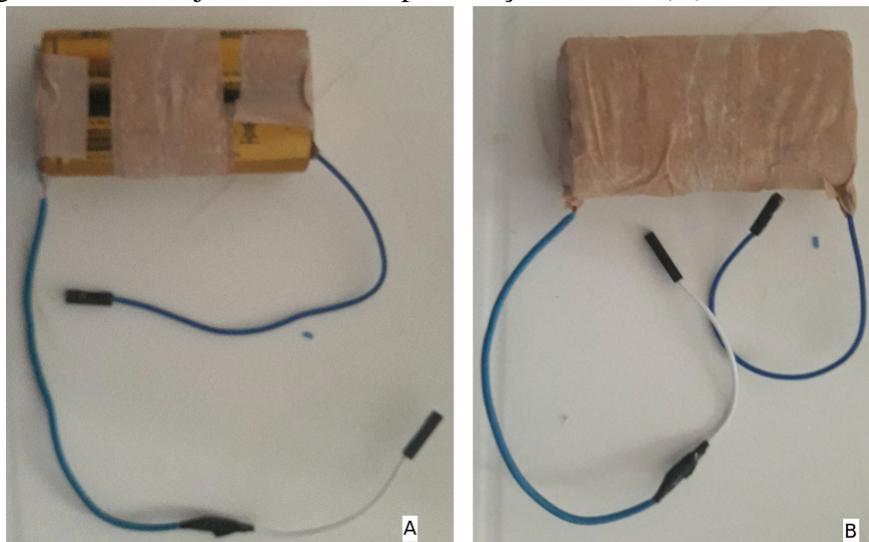
Figura 79 – Arranjo das baterias com contatos de papel alumínio.



Fonte: Próprio autor (2022).

As baterias são conectadas em paralelo, dessa forma as pontas dos fios com papel alumínio ficam em contato um com os polos positivos e o outro com os polos negativos das baterias, foto A da Figura 80. Na foto B da Figura 80, o arranjo finalizado com o invólucro de fita adesiva.

Figura 80 – Arranjo das baterias após fixação dos fios (A) e finalizado (B).

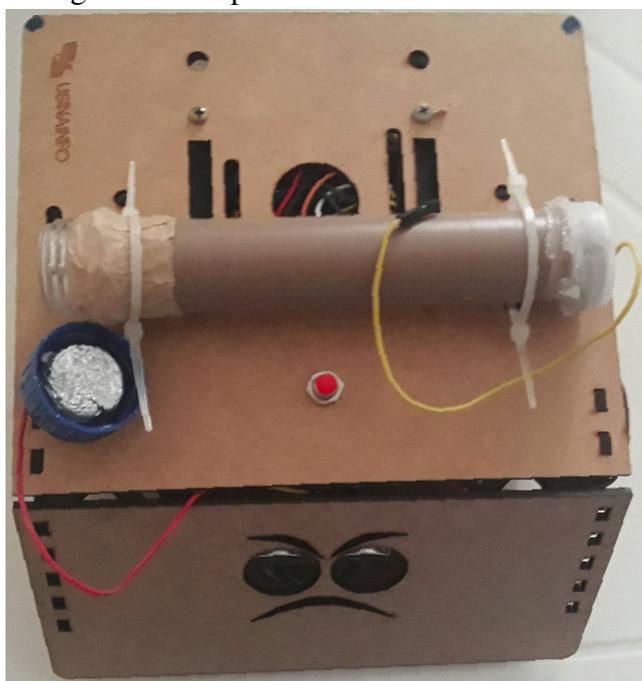


Fonte: Próprio autor (2022).

Quando as baterias são arranjadas dessa forma tem uma desvantagem, para recarregar as baterias é necessário retirar as fitas e desconectar os fios, o que torna trabalhosa a troca das baterias.

A segunda possibilidade para o suporte das baterias exclusivas para os motores é mostrada na Figura 81. A vantagem deste suporte é a praticidade das trocas das baterias, pois a tampa de um dos lados é removível. O material utilizado: cano de PVC de 25 mm, papel alumínio, cola quente, cinta plástica, tampas e gargalos de garrafa PET. Todas as instruções para montar este suporte pode ser encontrado no Youtube através do endereço: <https://youtu.be/IUOiN0Fw1Zs>

Figura 81 – Suporte de bateria feito de PVC.



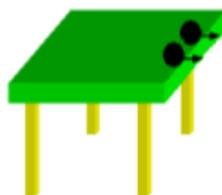
Fonte: Próprio autor (2022).

Nesse caso, as baterias são associadas em série, dessa forma a voltagem total será a soma das voltagens de cada bateria. Deve-se observar que a voltagem total não pode ultrapassar 6V, pois a voltagem suportada pelos motores varia entre 3V a 6V. A desvantagem deste suporte é a sua localização, pois a massa das baterias colocada no teto altera o centro de gravidade do robô, aumentando o risco dele capotar.

Vale ressaltar, que em cada aplicação deste produto educacional, contamos com a contribuição de cada professor para melhorar o desempenho do robô, por exemplo, buscando uma solução para confeccionar um suporte mais eficiente do que os dois apresentados acima.

**ANEXO A – PRÉ-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON****FORÇA: UM CONCEITO FUNDAMENTAL DA MECÂNICA NEWTONIANA I**

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:



- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
  - b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
  - c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa;
  - d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
  - e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada
2. Um caminhão sofre um defeito na estrada e é empurrado por trás por um carro de passeio como mostrado na figura abaixo.

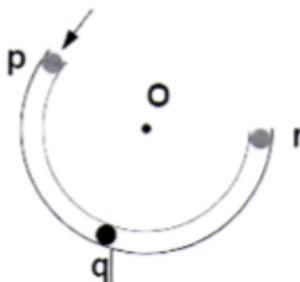


Enquanto o carro, ainda empurra o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade desejada:

- a) A força com que o carro empurra o caminhão é igual à força que o caminhão exerce para trás no carro;
- b) A força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- c) A força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a força que o caminhão exerce para trás no carro;
- d) O motor do carro está funcionando e por isso o carro exerce uma força no caminhão, mas o motor do caminhão não funciona e, assim, o caminhão não pode empurrar o carro para trás. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro;
- e) Nem o carro nem o caminhão exercem força um no outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

**UTILIZE AS INDICAÇÕES E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER ÀS DUAS PERGUNTAS SEGUINTE (3 e 4).**

A figura mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em “O”. O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em ”p” e sai em “r”.



3. Considere as seguintes forças distintas:

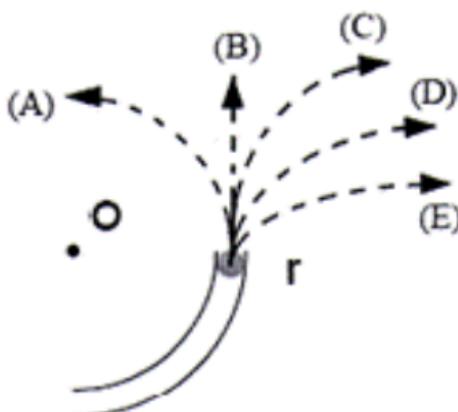
- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força exercida pelo tubo que aponta de “q” para “O”.
- III. Uma força no sentido do movimento.

IV. Uma força que aponta de “O” para “q”.

Qual(ais) força(s) acima atua(m) na esfera quando esta se encontra no interior do tubo sem atrito na posição “q” ?

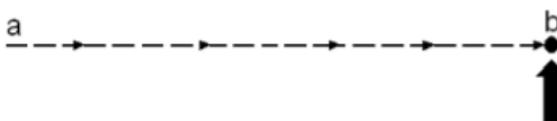
- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

4. Na figura abaixo, qual a trajetória que a esfera seguirá após sair do tubo em “r”, movendo-se sobre a mesa sem atrito?



**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (5 a 8).**

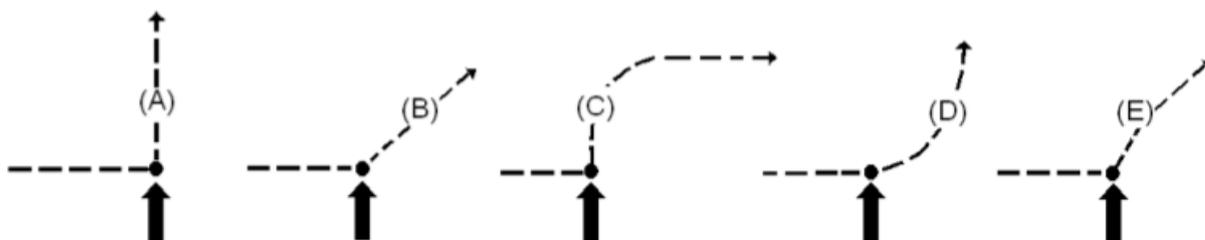
A figura representa a trajetória de um disco que desliza com velocidade constante “ $v_0$ ” em linha reta do ponto “a” para o ponto “b” em uma superfície horizontal sem atrito. As forças exercidas pelo ar são insignificantes e o observador olha o disco de cima.



Quando o disco alcança o ponto “b”, ainda com velocidade constante “ $v_0$ ”, recebe um chute horizontal no sentido da seta mais grossa. Se o disco estivesse em repouso em “b”, após o chute, seguiria um movimento vertical com uma velocidade “ $v_1$ ” no sentido do

chute.

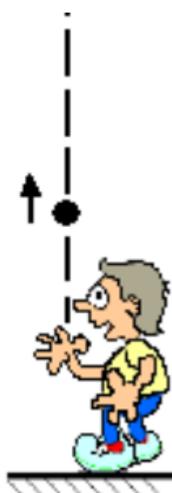
5. Qual das trajetórias abaixo mais se aproxima daquela seguida pelo disco após receber o chute?



6. A velocidade do disco imediatamente após receber o chute é:
- Igual à velocidade inicial “ $v_o$ ” que ele possuía antes de receber o chute;
  - Igual à velocidade “ $v_1$ ” que resulta do chute e independente da velocidade “ $v_o$ ”;
  - Igual à soma aritmética das velocidades “ $v_o$ ” e “ $v_1$ ”;
  - Menor do que ambas as velocidades “ $v_o$ ” ou “ $v_1$ ”;
  - Maior do que ambas as velocidades “ $v_o$ ” ou “ $v_1$ ”, mas menor que a soma aritmética dessas duas velocidades.
7. Ao longo do caminho sem atrito que você escolheu na questão 5, a velocidade do disco depois de ele ter recebido o chute:
- É constante;
  - Aumenta continuamente;
  - Diminui continuamente;
  - Aumenta durante algum tempo e diminui depois disso;
  - É constante durante algum tempo e aumenta depois disso.
8. Ao longo da trajetória sem atrito que você escolheu na questão 5, as principais forças atuantes no disco após ter recebido o chute são:
- Uma força para baixo devida à gravidade;

- b) A força da gravidade para baixo e uma força horizontal no sentido do movimento;
- c) A força da gravidade para baixo, uma força pra cima exercida pela superfície e uma força horizontal atuando no sentido do movimento;
- d) A força da gravidade para baixo e uma força pra cima exercida pela superfície;
- e) Nenhuma (não há forças sendo exercidas sobre o disco).

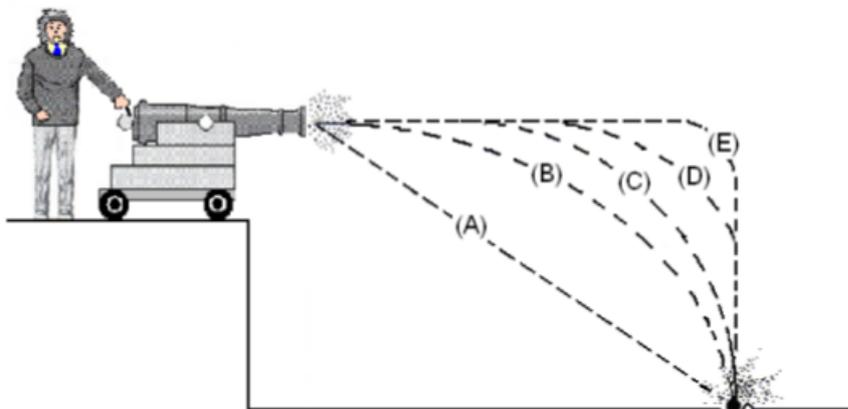
9. Um menino joga uma esfera de aço para cima em linha reta. Considere o movimento da esfera apenas depois de sair da mão do menino e antes de tocar o chão e suponha que as forças exercidas pelo ar são insignificantes. Nestas circunstâncias, a(s) força(s) atuando na bola é (são):



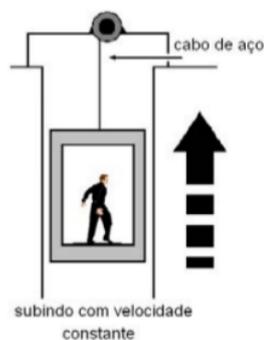
- a) Uma força da gravidade para baixo e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante;
- b) Uma força para cima que vai diminuindo desde o momento em que a esfera sai da mão do menino até alcançar seu ponto mais elevado e, durante a descida, a força da gravidade para baixo que aumenta constantemente à medida que a esfera vai ficando mais perto da Terra;
- c) Uma força para baixo quase constante devido à gravidade e uma força para cima que vai diminuindo de forma constante até a esfera alcançar seu ponto mais elevado;
- d) Apenas uma força da gravidade para baixo e quase constante;
- e) Nenhuma das anteriores. A esfera retorna ao chão devido à sua tendência

natural de ficar em repouso na superfície da Terra.

10. Uma esfera é disparada por um canhão do alto de um penhasco como mostrado na figura abaixo. Qual é a trajetória que mais se aproxima da seguida pela esfera?

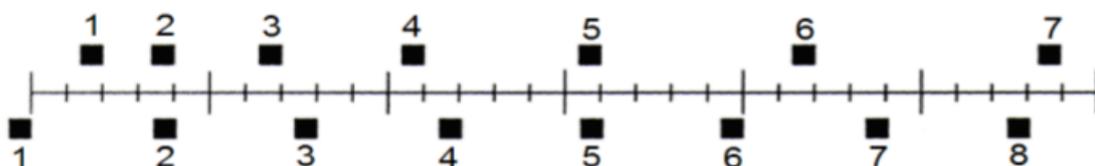


11. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante “ $v_o$ ”. Se a mulher duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:
- Com o dobro da velocidade constante “ $v_o$ ” da questão anterior;
  - Com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
  - Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
  - Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;
  - Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.
12. A figura mostra um elevador que está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Nesta situação as forças no elevador são tais que:
- A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade;
  - A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade;



- c) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade;
- d) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a soma das forças feitas pra baixo pela gravidade e pelo ar;
- e) Nenhuma das anteriores. (O elevador sobe porque o cabo vai ficando mais curto, não porque há uma força para cima exercida nele pelo cabo).

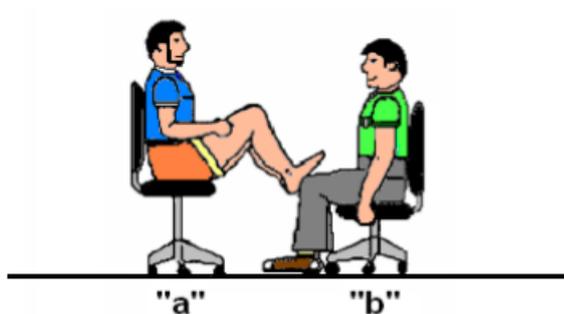
13. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



Os blocos têm alguma vez a mesma velocidade?

- a) Não;
  - b) Sim, no instante 2;
  - c) Sim, no instante 3;
  - d) Sim, nos instantes 2 e 5;
  - e) Sim, em algum instante durante o intervalo 3 e 4.
14. Na figura abaixo, o estudante “a” tem uma massa de 95 kg e o estudante “b” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “a” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “b”, como mostrado na figura. De repente, o estudante “a” dá um empurrão com os pés, fazendo com

que ambas as cadeiras se movimentem.

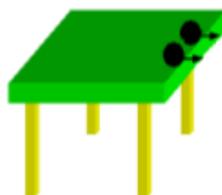


Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “a” exerce uma força sobre o estudante “b”, mas o estudante “b” não exerce nenhuma força sobre o estudante “a”;
- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força;
- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.

**ANEXO B – PÓS-TESTE SOBRE AS LEIS NEWTON****FORÇA: UM CONCEITO FUNDAMENTAL DA MECÂNICA NEWTONIANA II**

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As duas esferas rolam em uma mesa horizontal com a mesma velocidade, atingem a beirada da mesa e caem no chão. Nesta situação:

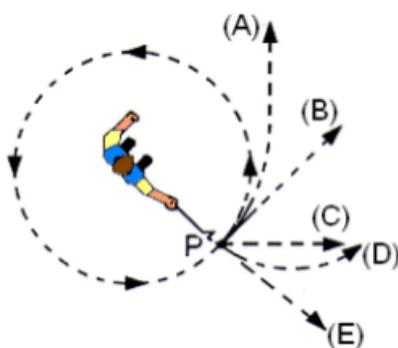


- a) As duas esferas batem no chão aproximadamente à mesma distância horizontal em relação ao pé da mesa;
  - b) A esfera mais pesada bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais leve em relação ao pé da mesa;
  - c) A esfera mais leve bate no chão na metade da distância atingida pela bola mais pesada em relação ao pé da mesa;
  - d) A esfera mais pesada bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais leve
  - e) A esfera mais leve bate no chão consideravelmente mais próximo ao pé da mesa, mas não necessariamente a metade da distância horizontal atingida pela esfera mais pesada
2. Um caminhão bate de frente com um carro de passeio.



Durante a colisão:

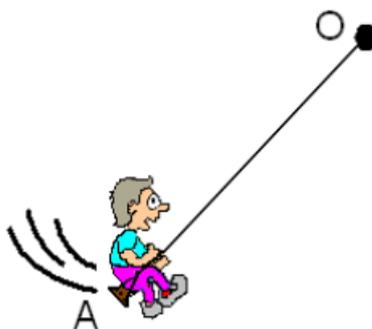
- a) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é maior do que a força exercida pelo carro sobre o caminhão;
  - b) A força exercida pelo carro sobre o caminhão é maior do que a força exercida pelo caminhão sobre o carro;
  - c) Nenhum veículo exerce força um no outro, o carro é destruído apenas porque estava no caminho do caminhão;
  - d) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão;
  - e) A força exercida pelo caminhão sobre o carro é igual à força exercida pelo carro sobre o caminhão.
3. Apesar de um vento muito forte, um jogador de tênis consegue bater uma bola de tênis com a sua raquete, de modo que a bola passe sobre a rede e acerte o campo do seu adversário. Considere as seguintes forças:
- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
  - II. Uma força devida à “raquetada”.
  - III. Uma força exercida pelo ar.
- Qual(uais) força(s) acima está(estão) agindo na bola de tênis após ela perder o contato com a raquete e antes de tocar a quadra do adversário?
- a) I somente;
  - b) I e II;
  - c) I e III;
  - d) II e III;
  - e) I, II e III.
4. Uma esfera de aço é amarrada a uma corda e girada em uma trajetória circular em um plano horizontal, como mostrado na figura abaixo. No ponto P indicado na figura a corda se rompe próximo à esfera. Se esses eventos forem observados de cima, que trajetória a esfera seguirá aproximadamente após a ruptura da corda?
5. A figura abaixo mostra um menino que balança em uma corda começando em um ponto



mais alto do que a posição A.

Considere as seguintes forças distintas:

- I. Uma força para baixo devido à gravidade.
- II. Uma força exercida pela corda apontando de A para O.
- III. Uma força no sentido do movimento do menino.
- IV. Uma força que aponta de O para A.



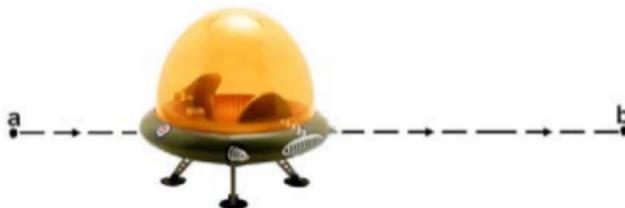
Qual(ais) força(s) acima está(ão) agindo no menino quando ele está na posição A?

- a) I somente;
- b) I e II;
- c) I e III;
- d) I, II e III;
- e) I, III e IV.

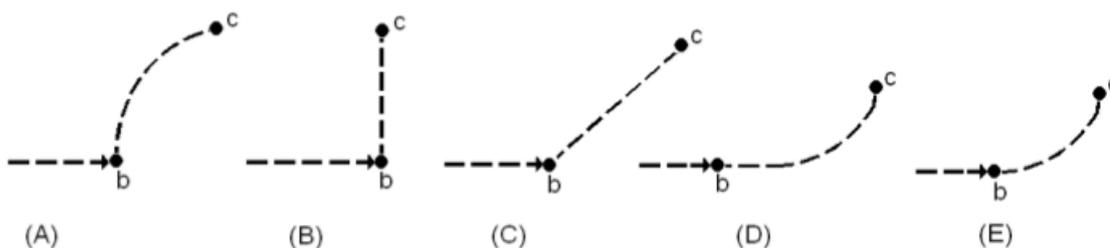
**UTILIZE A AFIRMAÇÃO E A FIGURA ABAIXO PARA RESPONDER AS PRÓXIMAS QUATRO QUESTÕES (6 A 9).**

Um disco voador desloca-se lateralmente no espaço exterior do ponto “a” para o ponto “b” como mostrado abaixo. O disco voador não está sujeito a nenhuma força exterior.

Chegando na posição “b”, o motor do disco voador é ligado e produz nele uma força constante em um ângulo perpendicular à linha “ab”. Essa força constante é mantida até que o disco voador alcance o ponto “c” no espaço.



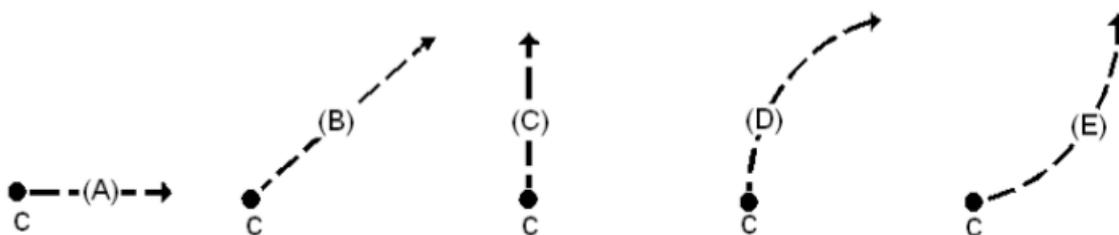
6. Qual das trajetórias abaixo melhor representa a trajetória do disco voador entre os pontos “b” e “c”?



7. Enquanto o disco voador move-se da posição “b” para a posição “c” sua velocidade está:

- constante;
- continuamente aumentando;
- continuamente diminuindo;
- aumentando inicialmente e depois ficando constante;
- constante inicialmente e depois diminuindo.

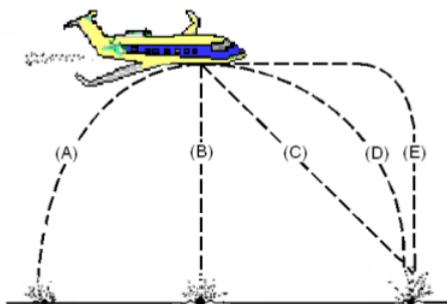
8. Na posição “c” o motor do disco voador é desligado e a força exercida sobre ele cai imediatamente para zero. Qual das trajetórias abaixo o disco voador irá seguir depois de “c”?



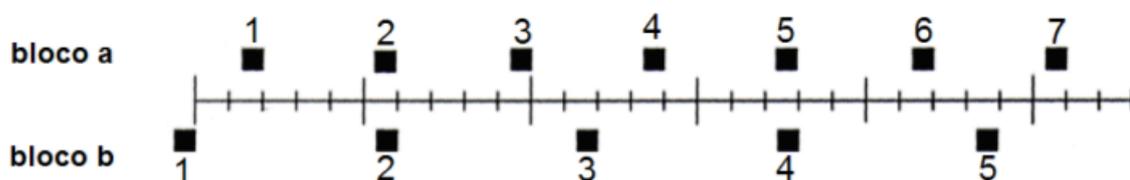
9. Depois da posição “c”, a velocidade do disco voador está:
- constante;
  - continuamente aumentando;
  - continuamente diminuindo;
  - aumentando inicialmente e depois ficando constante;
  - constante inicialmente e depois diminuindo.
10. Uma mulher exerce uma força horizontal constante em uma caixa grande. Em consequência, a caixa move-se horizontalmente a uma velocidade constante “ $v_o$ ”.
- A força constante aplicada pela mulher:
- Tem a mesma intensidade que o peso da caixa;
  - É maior do que o peso da caixa;
  - Tem a mesma intensidade que a força total que resiste ao movimento da caixa;
  - É maior do que a força total que resiste ao movimento da caixa;
  - É maior do que o peso da caixa e maior, também, do que a força total que resiste ao movimento.
11. Se a mulher da questão anterior duplicar a força horizontal constante que exerce na caixa para empurrá-la, a caixa se moverá:
- Com o dobro da velocidade constante “ $v_o$ ” da questão anterior;
  - Com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior, mas não necessariamente duas vezes maior;
  - Inicialmente com uma velocidade constante maior do que a velocidade “ $v_o$ ” da questão anterior e, depois, com uma velocidade que vai aumentando;
  - Inicialmente com uma velocidade crescente e, depois, com uma velocidade constante;

e) Com uma velocidade que vai crescendo continuamente.

12. Um avião em voo horizontal larga um objeto, como mostrado na figura. Qual trajetória, quando vista por um observador situado no chão, mais se aproxima daquela seguida pelo objeto depois de deixar o avião?



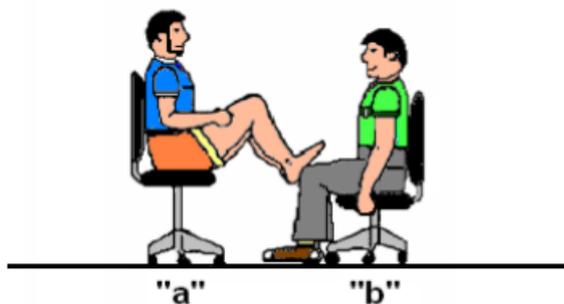
13. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 0.20 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



As acelerações dos blocos estão relacionadas da seguinte forma:

- A aceleração de “a” é maior do que a aceleração de “b”;
  - A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são maiores do que zero;
  - A aceleração de “b” é maior do que a aceleração de “a”;
  - A aceleração de “a” é igual à aceleração de “b”. Ambas são zero;
  - Não há informação suficiente para responder à pergunta.
14. Na figura abaixo, o estudante “a” tem uma massa de 95 kg e o estudante “b” tem uma massa de 77 kg. Eles sentam-se um em frente ao outro em cadeiras de escritório idênticas. O estudante “a” coloca os seus pés descalços sobre os joelhos do estudante “b”, como

mostrado na figura. De repente, o estudante “a” dá um empurrão com os pés, fazendo com que ambas as cadeiras se movimentem.



Durante o impulso e enquanto os estudantes ainda estiverem tocando um no outro:

- a) Nenhum dos estudantes exerce força no outro;
- b) O estudante “a” exerce uma força sobre o estudante “b”, mas o estudante “b” não exerce nenhuma força sobre o estudante “a”;
- c) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “b” exerce a maior força;
- d) Cada estudante exerce uma força no outro, mas o estudante “a” exerce a maior força;
- e) Cada estudante exerce a mesma força um no outro.