



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS,
MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS**

PRODUTO EDUCACIONAL

**SENSORES E ALFABETIZAÇÃO
CIENTÍFICA: INVESTIGANDO A
ROBÓTICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA
SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE**

EDSON VAZ LOPES

JOINVILLE, SC
2022

Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
Programa: ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS
Nível: MESTRADO PROFISSIONAL
Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.
Linha de Pesquisa: Práticas Educativas e Processos de Aprendizagem no Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias
Título: Sensores e alfabetização científica: investigando a robótica e suas implicações na sociedade e meio ambiente
Autor: Edson Vaz Lopes
Orientador: Alex Bellucco
Data: 26/04/2022

Produto Educacional: livro
Nível de ensino: Ensino Médio.
Área de Conhecimento: Física
Tema: Robótica, efeito fotoelétrico, semicondutores e alfabetização científica.

Descrição do Produto Educacional:

Esse livro é um guia de como implementar uma sequência didática sobre robótica no ensino médio. Esse material é o resultado de um trabalho extenso, realizado durante o decorrer do Mestrado profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Apresentamos aqui, um refinamento das atividades que foram implementadas numa escola pública de ensino médio na cidade de Joinville, após serem transcritas e analisadas. Para o desenvolvimento dos trabalhos, partimos da motivação que consiste na visível dificuldade dos professores do ensino médio em trazer para suas práticas, temáticas e/ou técnicas ou tecnologias de ensino que possam retornar resultados que, de fato, promovam a alfabetização científica, que proporcione um aprendizado mais sólido e atrativo à realidade cotidiana dos nossos estudantes. A sequência didática em questão, sobre robôs seguidores de linha e sensores, é dividida em ciclos investigativos que, foram divididos em fases de investigação. A estruturação didática em torno do ensino por investigação, para promover a alfabetização científica, foi um caminho que nos permitiu chegar aonde desejávamos no contexto da pesquisa e acreditamos ser perfeitamente possível replicar esses resultados se observarmos os encaminhamentos da sequência didática, nesse documento.

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

Publicação Associada: robótica educacional no ensino de ciências: buscando a articulação entre as fases de investigação e os indicadores de alfabetização científica.

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

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

Este item está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)
Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual CC BY-NC-SA

SENSORES E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Edson Vaz Lopes - 2022

INVESTIGANDO
A ROBÓTICA E
SUAS IMPLICAÇÕES
NA SOCIEDADE E MEIO
AMBIENTE

APRESENTAÇÃO

Olá, caro/a professor/a,

Este documento apresenta uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre conteúdos de Eletrodinâmica e Física Moderna e Contemporânea (FMC). Esse trabalho é resultado da minha pesquisa no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias (PPGECMT). A partir de nossos anseios por construir aulas mais atrativas para o Ensino Médio em Física, desenvolvemos uma sequência didática que busca responder o seguinte questionamento: **como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso impacta a sociedade o meio ambiente?**

A proposta, como o nome sugere, foi embasada no referencial do ensino por investigação de Carvalho (2013), visando promover também a alfabetização científica (SASSERON, 2010), por meio da temática robótica educacional. A sequência consiste na confecção de robôs seguidores de linha que é um dispositivo eletrônico utilizada amplamente em competições de robótica e que carrega consigo tecnologias que estão explícitas em outros inúmeros dispositivos tecnológicos do nosso cotidiano. Além disso, ela foi projetada para ser aplicada na terceira série do Ensino Médio, no qual os estudantes normalmente já têm contato com temas como eletricidade e afins - o que facilita a compreensão de novos conceitos relacionados.

Portanto, apresento esta sequência didática sobre robótica educacional, para apoio do professor do ensino médio, com o objetivo de propor uma alternativa ao ensino de tópicos de eletrodinâmica e FMC, estruturado com fundamentos investigativos e objetivos que compreendem a alfabetização científica (AC). Espero que esse material lhe seja de muita utilidade, de forma que isso propicie expandir ainda mais sua criatividade e empolgação em ensinar ciências.

Prof. Edson Vaz Lopes

SOBRE FÍSICA, ROBÓTICA E MEIO AMBIENTE

Essa sequência didática investigativa foi construída com a premissa de trazer ao professor, uma sugestão de como implementar alguns tópicos de eletrodinâmica e física moderna e contemporânea sob a temática da robótica.

A robótica vem se difundindo rapidamente na sociedade proporcionando inúmeros benefícios nas mais diversas áreas e necessidades do ser humano. Desde uma simples busca na internet até um diagnóstico médico, a inteligência artificial mostra seu valor, tanto que é quase inimaginável para alguns, a vida sem esses recursos. Porém, esses benefícios vêm carregados de efeitos colaterais em diversos seguimentos.

A começar pela drástica mudança no comportamento social e cultural das pessoas, a robótica traz consigo impactos econômicos e ambientais. A demanda de tecnologia exige a extração de minérios em ritmo ainda mais acelerado, sendo que, no fim do processo, esses produtos voltam como lixo para o meio ambiente. Essa balança precisa se equilibrar imediatamente e, acreditamos que a saída para uma realidade na qual se consegue coexistir meio ambiente, economia, avanço tecnológico e uma sociedade saudável, é por meio de uma alfabetização de fato científica, capaz de educar a sociedade, tanto para desenvolvimento da ciência e da tecnologia, quanto para os impactos causados e como lidar com eles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1-Robôs sobre a pista.	21
Figura 2.2-Alunos observando os carrinhos.	22
Figura 2.3-Esquema de um fototransistor.	23
Figura 2.4-Esquema de um LDR.	23
Figura 2.5-Foto de um multímetro.	Erro! Indicador não definido.
Figura 2.6-Thumbnail do vídeo A Ideia do Quantum - Efeito Fotoelétrico.	30
Figura 2.7 - Esquema da simulação do efeito fotoelétrico.	35
Figura 2.8-Thumbnail do vídeo Transistor, ¿Cómo funciona?.....	37
Figura 2.9-Esquema de transistor e fototransistor lado a lado.	38
Figura 2.10 - Esquema de funcionamento do fototransistor em conjunto com a pista.	40
Figura 2.11-Movimento a esquerda.....	41
Figura 2.12-Movimento a esquerda.....	41
Figura 2.13-Movimento em linha reta.....	41
Figura 5.1 - Robô seguidor de linha.	55
Figura 5.2 - Esquema eletrônico do robô seguidor de linha.	57
Figura 5.3 - Motores fixados na placa de acrílico.	58
Figura 5.5 - Rodas acopladas nos motores.....	58
Figura 5.5 - Rodas acopladas nos motores.....	58
Figura 5.6 - Furando o acrílico com o ferro de solda.....	59
Figura 5.7 - Roda boba à esquerda e roda omnidirecional à direita.....	59
Figura 5.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.	60
Figura 5.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.	60
Figura 5.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.	60
Figura 5.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.	60
Figura 5.13 - Exemplo usando roda boba e palitos.	60
Figura 5.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.	60
Figura 5.14 - Suporte para bateria construído com palito.	61
Figura 5.15 - Suporte para bateria construído com palito.	61
Figura 5.16 - Outra versão para o suporte.	61
Figura 5.20 - Posicionando placa L298N para fixação.	62
Figura 5.20 - Posicionando placa Arduino para fixação.	62
Figura 5.20 - Posicionando placa Arduino para fixação.	62
Figura 5.20 - Posicionando placa L298N para fixação.	62
Figura 5.21 - Furando o acrílico para fixar placas.	63
Figura 5.22 - Fixando o driver L298N.....	63
Figura 5.23 - Isolando parafuso.....	64
Figura 5.27 - Fixando placa Arduino - parte superior.	65
Figura 5.27 - Fixando placa Arduino - parte superior.	65
Figura 5.27 - Fixando placa driver L298N - parte inferior.	65
Figura 5.27 - Fixando placa driver.....	65
Figura 5.28 - Driver L298N.....	66
Figura 5.29 - Conectando terminais do motor ao driver.	67
Figura 5.30 - Conectando terminais do motor ao driver.	67
Figura 5.31 - Colando interruptor sob o acrílico.	68
Figura 5.32 - Colando interruptor sob o acrílico.	68
Figura 5.33 - Fixação da protoboard.	68
Figura 5.34 - Fixação da protoboard	69

Figura 5.35 - Conexões para alimentação do driver.....	69
Figura 5.36 - Conectando a alimentação	70
Figura 5.37 - Conectando a alimentação do driver à alimentação do Arduino.	70
Figura 5.38 - Conectando a alimentação do driver à alimentação do Arduino.	70
Figura 5.39 - Conectando os pinos de controle dos motores.	71
Figura 5.40 - Conectando pinos de controle do motor.	71
Figura 5.41 - Conectando pinos de controle do motor.	72
Figura 5.42 - Conectando pinos de controle do motor.	72
Figura 5.43 - Criando dois furos para fixação dos sensores de linha.....	73
Figura 5.44 - Usando fita isolante para posicionar os sensores no parafuso.	73
Figura 5.45 - Parafusando os sensores no acrílico.	74
Figura 5.46 - Parafusando os sensores no acrílico.	74
Figura 5.47 - Espaço furado para passar jumpers.	74
Figura 5.48 - Conectando os sensores.	75
Figura 5.49 - Conectando sensores.	76
Figura 5.50 - 5V e GND do Arduino conectados na protoboard.	77
Figura 5.51 - Conectando os sensores.	78
Figura 5.52 - Conectando os sensores.	78
Figura 5.53 - Resultado.....	81
Figura 6.1 - Luz intensa no LDR conectado a um relê.	82
Figura 6.2 - Curva característica de um LDR.	82
Figura 6.3 -Símbolo usado para representar um LDR.....	82
Figura 6.4 - Disparar de relê com a luz cortada.	83
Figura 6.5 - LDR controlando a corrente direta da base de um transistor.	83
Figura 6.6 - Esquema da construção de LDR.	84
Figura 9.1-Esquema estrutural básica de um semicondutor.	88
Figura 9.2-A escala de condutividade dos materiais.	89
Figura 9.3-Obtendo uma junção PN.....	89
Figura 9.4-A barreira de potencial.	89

Quadro 1.1- Adaptação dos Indicadores de AC proposto por Sasseron (2008).	13
Quadro 1.2-Proposta de novo grupo para os Indicadores da Alfabetização Científica (Penha, Carvalho e Viana, 2009, p. 11).	14
Quadro 2.1-Sítese da SEI e suas respectivas fases.	18

Sumário

SOBRE FÍSICA, ROBÓTICA E MEIO AMBIENTE	5
Sumário	9
1. Fundamentação Teórica	11
2. A sequência didática	17
1.1 Atividade 01 - Orientação	20
1.1.1 Primeiro encontro	20
1.1.2 Segundo encontro	24
1.1.3 Terceiro encontro	26
1.1.4 Quarto encontro	28
1.2 Atividade 02 - Conceitualização e estudo sistemático	30
1.2.1 Quinto encontro	30
1.3 Atividade 03 - Conceitualização sobre modelos de bandas de condução	34
1.3.1 Sexto encontro	34
1.3.2 Sétimo encontro	40
1.4 Atividade 04 - Conclusão parte I: organização inicial das discussões	44
1.4.1 Oitavo encontro	44
1.5 Atividade 05 - Conclusão parte II: A conclusão e revisão do relatório final	47
1.5.1 Nono encontro	47
1.6 Atividade extra	49
2. Considerações finais	50
Referências	51
ANEXOS	53
ANEXO 01 – Questionário	54
ANEXO 02 – FAZENDO UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA COM ARDUINO PASSO A PASSO	55
1.7 Componentes	56
1.8 Esquema eletrônico	57
1.8.1 Primeiro passo	58
1.8.2 Segundo passo	58
1.8.3 Terceiro passo	59
1.8.4 Quarto passo	61
1.8.5 Quinto passo	62
1.8.6 Sexto passo	66
1.8.7 Sexto passo	68
1.8.8 Oitavo passo	69
1.8.9 Nono passo	69

1.8.10	Décimo passo.....	70
1.8.11	Décimo primeiro passo.....	71
1.8.12	Décimo segundo passo.....	72
1.8.13	Décimo terceiro passo.....	75
1.8.14	Décimo quarto passo.....	79
1.8.15	Décimo quinto passo.....	81
ANEXO 03	– Sobre o LDR.....	82
ANEXO 04	– Relatório de atividade.....	85
ANEXO 05	– Edital fictício.....	86
ANEXO 06	– O que são os fototransistores.....	88
1.9	Como Funciona o Diodo Semicondutor.....	88

1. Fundamentação Teórica

Trago nessa sessão alguns apontamentos e sugestões aos professores, a fim de que fique mais elucidado os fundamentos dessa sugestão de atividades. A alfabetização científica (AC) é uma área de estudo bastante densa dentro do âmbito educacional que em suma, é um processo no qual o cidadão se apropria de mecanismos ou ferramentas que o permitem e instigar o mundo a sua volta sob um melhoramento na forma de organizar seus pensamentos à luz da ciência. Vitor e Silva (2017) discutem que a AC visa formar indivíduos mais capazes de decidir e opinar sobre diversos fatos apresentados no cotidiano.

Para nossa sequência didática nos baseamos principalmente nos trabalhos da pesquisadora Lúcia Sasseron que, em 2016, juntamente à Anna Maria Pessoa de Carvalho, sintetizou um conjunto de habilidades requeridas entre os estudantes alfabetizados cientificamente. As autoras agruparam tais habilidades em três grupos, grupos estes aos quais elas chamaram de **eixos estruturantes da alfabetização científica**:

1) Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, 2) Compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, 3) Entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e meio ambiente (SASSERON E CARVALHO, 2016, p.75-76).

Para o aluno, o primeiro eixo se resume na construção de conhecimentos científicos e na apropriação deles. A importância desse eixo se faz presente na necessidade de se compreender conceitos-chaves para poder refletir sobre as implicações das informações e situações do dia a dia. O segundo eixo compreende subsídios para que os caracteres humano e social pertinentes às investigações científicas sejam colocados em pauta, além de trazer contribuições para a formação de cidadãos capazes de refletir sobre seus papéis e, com embasamento científico, tomar decisões em sociedade. O último eixo implementa uma correlação entre as dimensões ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, de forma que a solução sob uma dessas esferas pode, mais tarde, implicar num problema em outra esfera.

Tendo em vista que nosso objetivo com esse trabalho era promover a alfabetização científica através de uma sequência didática investigativa, obtivemos resultados favoráveis que, foram validados à base dos indicadores de alfabetização

científica Sasseron (2008); Penha, Carvalho e Viana em (2009) conforme sintetizado no quadro a seguir:

INDICADORES PARA A ANÁLISE DO TRABALHO COM DADOS DE UMA INVESTIGAÇÃO	
Indicador	Descrição do indicador
Seriação de informações	Está ligada ao estabelecimento de bases para a ação investigativa. Não prevê, necessariamente, uma ordem que deva ser estabelecida para as informações: pode ser uma lista ou uma relação dos dados trabalhados ou com os quais se vá trabalhar.
Organização de informações	Surge quando se procura preparar os dados existentes sobre o problema investigado. Este indicador pode ser encontrado durante o arranjo das informações novas ou já elencadas anteriormente e ocorre tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma questão, quando ideias são lembradas.
Classificação de informações	Aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos. Por vezes, ao se classificar as informações, elas podem ser apresentadas conforme uma hierarquia, mas o aparecimento desta hierarquia não é condição <i>sine qua non</i> para a classificação de informações. Caracteriza-se por ser um indicador voltado para a ordenação dos elementos com os quais se trabalha.
INDICADORES PARA A ANÁLISE DA ESTRUTURAÇÃO DO PENSAMENTO	
Indicador	Descrição do indicador
Raciocínio lógico	Compreendendo o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. Relaciona-se, pois, diretamente com a forma como o pensamento é exposto.
Raciocínio proporcional	Como o raciocínio lógico, dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento, além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.
Levantamento de hipóteses	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).
Teste de hipóteses	Trata-se das etapas em que as suposições anteriormente levantadas são colocadas à prova. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores.
INDICADORES PARA A ANÁLISE DO ENTENDIMENTO DA SITUAÇÃO ANALISADA	
Indicador	Descrição do indicador
Justificativa	Aparece quando, numa afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura.
Previsão	É explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.
Explicação	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem estas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

Quadro 1.1- Adaptação dos Indicadores de AC proposto por Sasseron (2008).

No quadro abaixo apresentamos os indicadores propostos por Penha, Carvalho e Viana em (2009) e que vêm ao encontro dos indicadores propostos por Sasseron (2008), complementando a ferramenta de análise por nós utilizada nas análises do trabalho.

Indicadores Procedimentais (ou de Procedimentos)	Aquisição de Dados	Relacionado ao delineamento metodológico necessário para aquisição dos dados da investigação.
	Identificação de Variáveis	Estão relacionados com a elaboração de estratégias, estruturas e procedimentos com o objetivo de identificar, reconhecer e separar as variáveis que estão relacionadas com a situação em estudo.
	Análise das Relações entre Variáveis	Desenvolvimento de estratégias que possam explicitar e/ou estabelecer relações de dependência qualitativas e/ou quantitativas entre as diferentes variáveis identificadas.

Quadro 1.2-Proposta de novo grupo para os Indicadores da Alfabetização Científica (Penha, Carvalho e Viana, 2009, p. 11).

O primeiro indicador (Aquisição de dados) é inerente a investigação, o segundo indicador (Identificação de variáveis) está associado a estratégia e procedimento para obtenção dos dados necessários para o desenrolar da atividade, e o terceiro indicador (Análise das relações entre variáveis) está vinculado a habilidade do estudante em verificar a dependência entre variáveis. Salientamos que esses indicadores se fizeram necessários para a conclusão do trabalho de pesquisa associado, porém, acreditamos que as avaliações sobre o desenvolvimento dos alunos também podem seguir outros caminhos, como as avaliações diagnósticas, formativa etc., de acordo com os objetivos do professor para essa aplicação. Caso o professor deseje implementar os indicadores de alfabetização como instrumento de avaliação, sugerimos um estudo mais aprofundado sobre essa ferramenta de análise por meio da dissertação vinculada à esse produto educacional.

Para viabilizar o processo de alfabetização científica, nos fundamentamos nossa proposta de ensino na sequências didáticas investigativas (SEIs), propostas por Carvalho (2013), e que têm como princípio norteador as interações didáticas que coloquem os estudantes numa posição de protagonista das aulas, interagindo e participando. A autora afirma que uma SEI pode ser teórica ou experimental, desde que ofereça aos alunos, condições de interagirem com o fenômeno científico em questão, pois é imperativo que nas aulas sob este tipo de abordagem, os estudantes

tenham um papel ativo. E assim retomamos a condição essencial de uma aula investigativa, que é conter um problema adequado na qual será possível se desenvolver discussões com os estudantes, onde se apresentem hipóteses que auxiliem buscar uma resposta para tal problema.

[...] a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema (Carvalho, 2018).

Em geral, os estudantes são curiosos, com sede de conhecimento, estando sempre em busca de novas ideias, se apropriando de tecnologias, hábitos e cultura. É recorrente que encontremos nas nossas salas de aula jovens comunicativos, curiosos e apressados com tudo à sua volta. Sob essa premissa é bastante conveniente que possamos oferecê-los um ensino que os proporcione prazer em aprender, vontade de perguntar, manipular, se apropriar e interagir. No contexto do presente trabalho, essas características são contempladas dentro dos atributos de uma sequência didática investigativa (SEI).

Segundo Carvalho (2018)

...uma SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos)¹.

Em outras palavras, a implementação do ensino por investigação nos dá aqui, indicativos de como proceder com as atividades numa sequência didática, de forma a se criar um ambiente propício à interação e, a partir disso, a construção dos próprios conhecimentos. Esse tipo de ambiente abre espaço para se discutir os conteúdos de forma contextualizada. Os estudantes podem chegar às suas próprias conclusões e enxergar a ciência impregnada nas situações corriqueiras do cotidiano.

Em 2013, Carvalho propôs a organização das SEIs em três etapas

[...] uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chaves: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e dê condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a

¹ A linguagem matemática em uma aula experimental de física (BELLUCCO, 2006, p. 36)

resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Esta atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento levando, os alunos a saberem mais sobre o assunto (CARVALHO 2013, p. 7).

Simplificando as divisões acima citadas explicitamente podem ser ordenadas da seguinte forma: etapa I (apresentação do problema), etapa II (sistematização do conhecimento) e etapa III (contextualização do conhecimento). Respectivamente, na primeira etapa o professor contextualiza o tema da aula e apresenta um problema adequado. Nessa aula também se faz as apresentações das hipóteses pelos alunos à pergunta apresenta pelo professor e, além disso, se esboça uma forma de testar essas hipóteses. Na segunda etapa, discute-se a solução do problema em grupo, nessa etapa o conhecimento ganha forma, passa da ação manipulativa para a intelectual. E, por fim, a na terceira etapa se faz a contextualização do conhecimento, nessa etapa pode-se, por exemplo, discutir as aplicações e implicações daquele conhecimento no cotidiano do estudante.

O ensino por investigação é uma abordagem didática que sobrevaloriza o processo de aprendizagem e não somente o fim. Esse tipo de abordagem se preocupa em como se aprende, se importa com as conexões e discussões que são feitas nas aulas.

[...] como muitas das experiências que temos em nossa vida, o mais importante da investigação não é seu fim, mas o caminho trilhado (SASSERON, 2013, p. 2).

Isto é, o professor precisa ficar atento às manifestações dos alunos, a fim de conseguir direcionar as discussões que ocorrem, dar assistência aos alunos, além disso, promover mais discussões sem dar a resposta de imediato.

No mesmo sentido, uma proposta de ensino que visa a AC sugere que as aulas tenham dimensões que transcendem o simples decorar para acertar uma questão numa prova, ou seja, os objetivos perpassam tópicos de ciência, tecnologia e sociedade, de forma que o estudante se aproprie dos conhecimentos de fato e que esses possam o auxiliar na leitura do mundo à sua volta (SASSERON, 2010).

Portanto, optamos por elaborar uma sequência didática investigativa (SEI) para desencadear o processo de alfabetização científica, que por sua vez foi dividida em atividades e em fases de investigação, baseando-se principalmente nos referenciais Pedaste et al. (2015), apesar de termos também Carvalho (2013) como base, já que esses trabalhos se comunicam perfeitamente no que tange o ensino por investigação. No caso do Pedaste et al. (2015), as fases acabam sendo mais específicas ao ensino médio, permitindo uma melhor visualização das etapas da investigação, enquanto Carvalho (2015), apresenta em ciclos a investigação que, por sua vez teve mais validação no ensino fundamental.

2. A sequência didática

Para o andamento das atividades, sugerimos que a sala seja dividida em pequenas equipes de no máximo 5 estudantes, cujos membros deverão revezar nas seguintes tarefas: operações manuais referentes a manipulação de ferramentas eletrônicas, ajustes no robô e relatório diário. Com essa configuração espera-se manter o distanciamento social em vista que estamos ainda em regime de pandemia, além de proporcionar maior fluidez nos trabalhos e na investigação. Em cada aula, o membro responsável pelo relatório terá o papel importante de tomar nota de forma sistemática sobre o que o(s) parceiro(s) está(ão) fazendo, descrevendo o tema da aula, a fase de investigação, as hipóteses, as ações tomadas e os resultados (conclusão sobre o teste das hipóteses). Esse material fará parte das fontes de dados do projeto no campo das análises.

O Quadro 2.1 traz uma síntese das atividades investigativas tratadas nesse projeto. Pode também ali se observar, o número sugerido dos encontros (aulas) e a fase da SEI, a quais estruturamos por meio do trabalho de Pedaste et al. (2015).

Fases da SEI (Etapas)	Encontro	Atividade
Orientação	1º	1. Apresentar o problema da SEI envolvendo uma “chamada de pesquisa” de uma agência de fomento fictícia (<i>Como sensores pode otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sua eficiência e segurança?</i>)
	2º	
	3º	
	4º	
	5º	

		2. Propor a investigação sobre a diferença entre os sensores
Conceitualização	6º	3. Manipular o simulador do PHET para poder observar o efeito fotoelétrico e a função trabalho 4. Formular hipóteses de funcionamento do LDR e foto transistor
Investigação	7º 8º	5. Modelos de condução em semicondutores (estruturas cristalinas)
Conclusão	9º	6. Discutir e concluir sobre qual melhor sensor para essa aplicação? (custo-benefício) 7. Debate sobre impactos sociais e impactos ambientais na manufatura e aplicação dos robôs
Discussão	10º	8. Escrita do relatório (parte II) 9. Leitura das partes do relatório 10. Discussões, críticas dos colegas 11. Encerramento.

Quadro 2.1-Sítese da SEI e suas respectivas fases.

Trazemos nesse capítulo uma proposta para a implementação das atividades da SEI. Para cada atividade sugerimos uma ordem de encontros. Deixamos ainda sugestões de estratégias, recursos e tempos a se dispor em cada atividade.

A presente sequência de ensino investigativa objetiva fomentar a alfabetização científica (AC) sob aulas investigativas de física no ensino médio, por meio tópicos de física moderna (efeito fotoelétrico, modelo de banda de condução e dopagem tipo P e tipo N de Silício). As investigações se darão sobre o tempo de resposta nos sensores utilizados por um carrinho para detectar uma linha, evidenciando uma das aplicações práticas do efeito fotoelétrico. Os objetivos de aprendizagem almejados são: compreender o funcionamento de sensores LDR e fototransistores; responder quais sensores supririam as necessidades dos robôs em estudo; discutir as relações de custo-benefício entre os tipos de sensores, tais como sua relevância para a sociedade e seus impactos ambientais.

A pergunta que motiva a investigação é a seguinte: **como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sociedade no meio ambiente?”**

A sequência compreenderá as fases de orientação (atividades 01 e 02) para, além de combinar com os estudantes sobre o que será feito, irá estimular a curiosidade dos mesmos sobre um tópico, os apresentando um desafio por meio de um problema a ser resolvido. Na conceitualização e no estudo sistemático (atividades 02 e 03), respectivamente, os estudantes formulam hipóteses e questões; e traçam estratégias (explorando e/ou experimentando), buscam as teorias adequadas e coletam informações/dados que possam auxiliar nas possíveis soluções para o problema apresentado. Na atividade 04, começam a desenvolver e solidificar a conclusão da investigação em curso, nessa fase os alunos leem criticamente os dados obtidos no processo de investigação e sintetizam as ideias em forma de escrita, por exemplo. Nessa atividade será disponibilizado um momento para se discutir a sequência investigativa, no qual debate-se em pequenos grupos as aplicações e implicações das informações e conhecimentos concluídos no processo, refletindo sob o contexto geral do problema abordado e da sua possível solução. Promove-se assim melhor fixação do conhecimento adquirido e organização dos mesmo de forma inteligível.

No tópico seguinte dispomos a nossa sequência didática investigativa propriamente dita com todos os detalhes e sugestões para a sua implementação.

1.1 Atividade 01 - Orientação

Objetivos pedagógicos

1. Realizar avaliação diagnóstica - parte I.
2. Estimular a curiosidade dos estudantes, apresentando os robôs seguidores de linha em funcionamento, com o sensor fototransistor e com o sensor LDR, encorajando-os ao entendimento sobre o dispositivo.
3. Apresentar o problema da SEI (Como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sociedade no meio ambiente?)
4. Propor a investigação sobre a diferença entre os sensores.
5. Descobrir o nome de cada um dos sensores.

Desenvolvendo a atividade

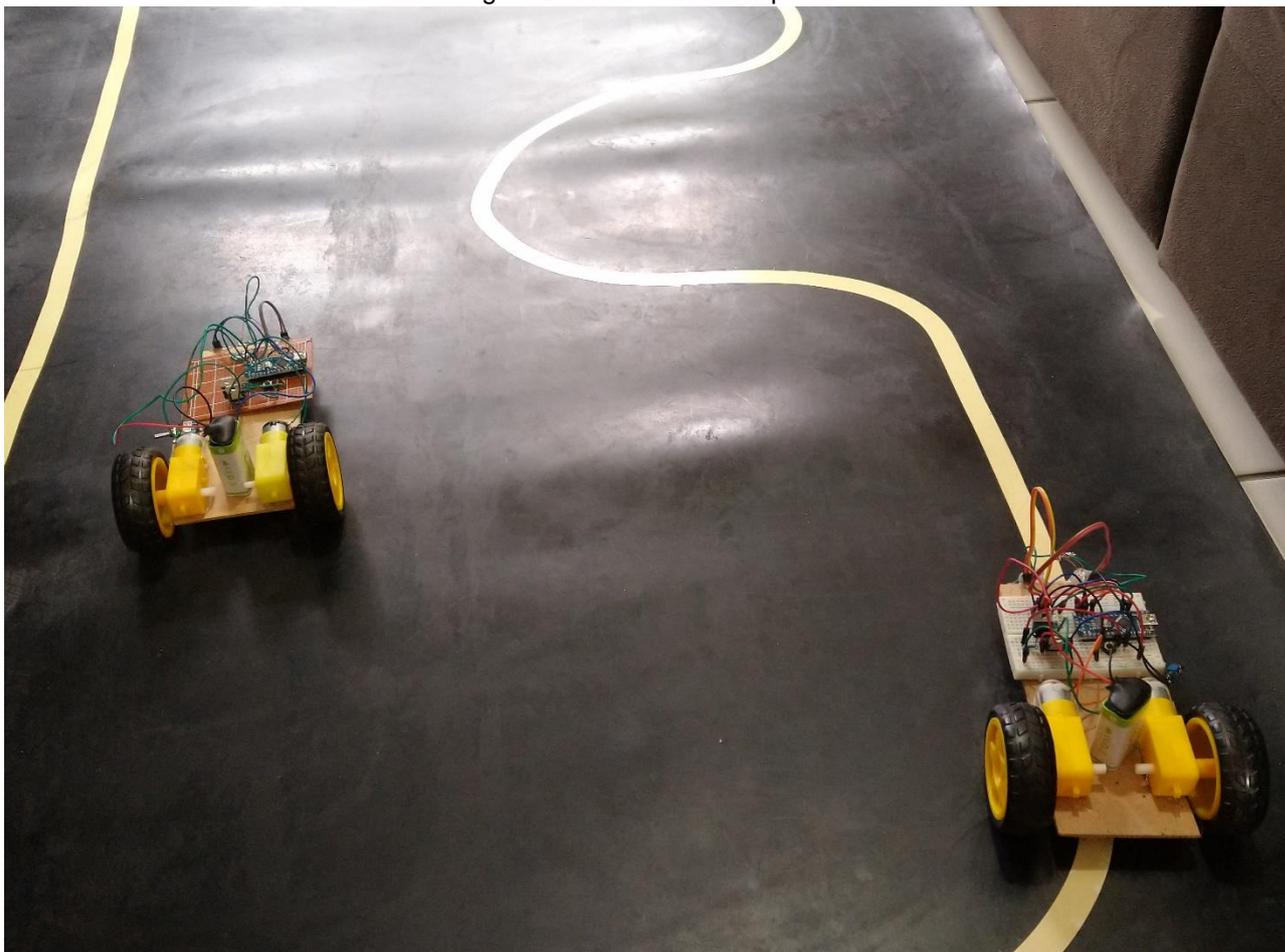
1.1.1 Primeiro encontro

Tópicos do encontro: apresentação do projeto, acordos entre professor e alunos, manipular os robôs, descobrir a diferença entre os sensores.

A atividade deverá iniciar com o professor aplicando um questionário (ANEXO 01 – Questionário), que contém perguntas sobre sensores, com o intuito contrastar com outro questionário, ao fim da sequência, para verificar entendimentos dos alunos sobre os conceitos estudados. Depois, o professor deve apresentar os robôs seguidores de linha em funcionamento, primeiramente a versão com o sensor LDR, em seguida a versão com sensor *fototransistor*². Para essa dinâmica é recomendável que o professor diminua a luz da sala fechando cortinas, porta, e até apagando algumas das lâmpadas, isso ajudará os robôs a serem mais assertivos. Feito isso, o docente deverá dividir a turma em equipes para em seguida, com mais facilidade, ensinar os alunos como acionar os robôs. Após isso, os alunos precisarão de tempo e espaço para manipular os robôs. O objetivo aqui é apenas que alunos brinquem, se divirtam com o carrinho, testem diferentes posições e formas de liberá-lo na pista, comparem as diferenças entre eles etc.

² O manual de construção e acionamento desses robôs estarão no ANEXO 02 – **FAZENDO UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA COM ARDUINO PASSO A PASSO**, desse documento.

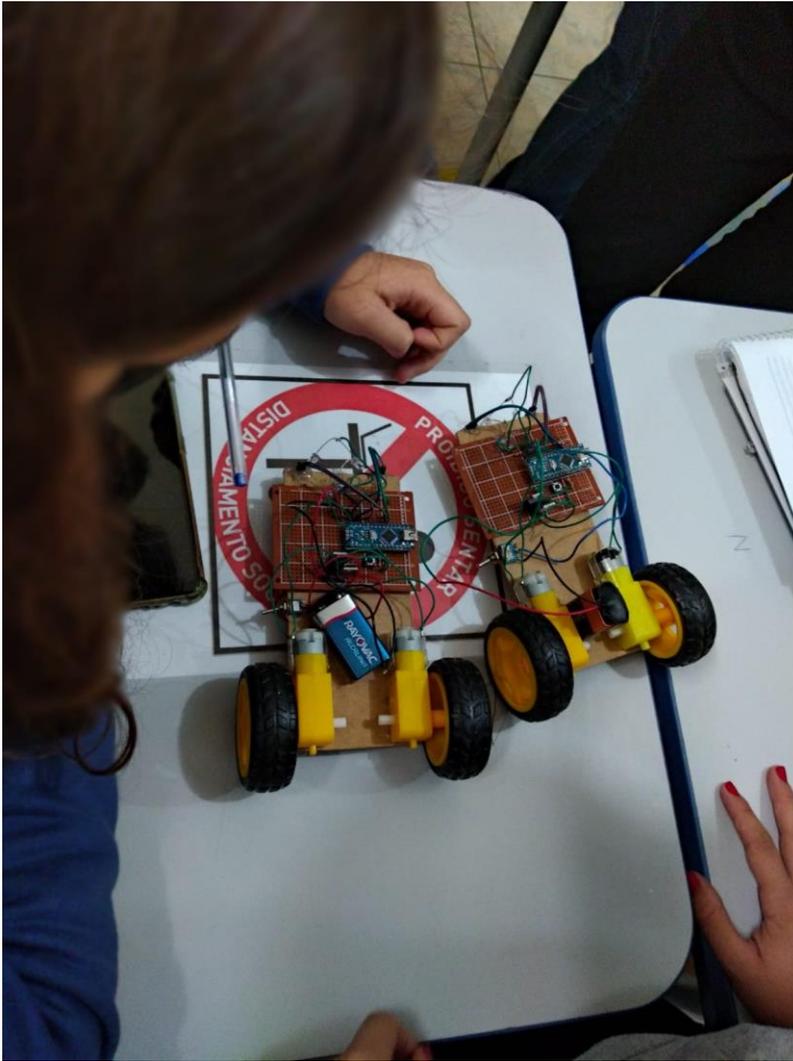
Figura 2.1-Robôs sobre a pista.



Essa recomendação é recorrente, mas é importante que o ambiente criado pelo professor seja compatível com o que se pretende como objetivo da sequência didática. Esses momentos nos quais os alunos precisam manipular dispositivos, interagir para concluir por si próprios ideias ou formular hipóteses etc. são críticos ao aprendizado. Provavelmente uma atividade como essa não obterá êxito se não houver um ambiente propício para tal. Caso necessário, como um ponto de partida, o professor pode fazer algumas perguntas como: Como o carrinho consegue seguir a linha? Por que ele para na parte escura da pista? Qual carrinho é mais rápido? Por quê?

A dinâmica seguinte parte do pressuposto que, ao manusear os carrinhos, os alunos deverão ter percebido que um dos dois apresenta ineficácias nas curvas, culminando numa baixa performance dele. Caso isso não ocorra espontaneamente, o professor precisa estimular que eles observem mais atentamente, chame atenção para o fato de que um deles tem a tendência a ser perder mais nas curvas, por exemplo.

Figura 2.2-Alunos observando os carrinhos.



Isso deve ser feito em forma de pergunta³. A problematização é o ponto de partida para respostas associando o robô a um carro comum é bastante recorrente... “a rodinha derrapa”, “...estabilidade não dá conta” etc., o que não estaria completamente errado, mas não é esse o foco dessa atividade. Claro, dadas as condições favoráveis, o professor pode explorar o viés mecânico com esses mesmos robôs seguidores de linha, mas nesse caso, a mecânica

será citada somente em situações eventuais, caso seja necessário.

Na sequência, o professor deverá desafiar os alunos a descobrirem visualmente o porquê os carrinhos divergem entre si no comportamento quando é acionado. Provavelmente, com facilidade eles conseguiram reparar que um dos carrinhos tem um modelo de sensor diferente do outro (eles ainda não têm certeza de que aquela peça diferente entre os carrinhos é um sensor), mas a provavelmente a palavra sensor já começaram a aparecer, mesmo que eles não façam ideia de

³ No ensino por investigação, defendemos que as atividades e dinâmicas precisam ao máximo, serem guiadas através de perguntas com potenciais para instigar os estudantes a buscar, pesquisar, investigar.

qual sensor seja. Em seguida, o docente deverá questionar: o que essa peça faz com o carrinho?



Figura 2.3-Esquema de um fototransistor.

de duas maneiras possíveis: caso o termo sensor já tenha aparecido, eles podem fazer buscas na internet pelo nome (digitar “sensor” no buscador). Caso não tenha aparecido o termo ‘sensor’ na discussão anterior, o professor deve estimular os alunos a utilizar o recurso de busca por imagem⁴ utilizando alguns aplicativos, pois para isto basta ter o objeto em mãos - nesse caso, os sensores. Em ambas as circunstâncias, a busca vai exigir que os alunos façam o reconhecimento desses componentes visualmente, e aí pela primeira vez eles já saberão o nome dos dois sensores presentes nos robôs, o LDR (Figura 2.4) e o fototransistor (Figura 2.3). Esse tipo de atividade promove o uso dos celulares de uma forma mais produtiva didaticamente, e agrada bastante aos alunos.

Após os alunos descobrirem o nome dos sensores, o professor deverá pedir para que eles pesquisem de forma superficial como o sensor LDR funciona (primeiro

Espera-se questionamentos como: que peça é essa? Qual nome? O que ela faz? Para responder essas questões o professor deverá sugerir que os alunos busquem na internet informações que possam auxiliar na formulação de uma resposta. Esse momento pode seguir, pelo menos



Figura 2.4-Esquema de um LDR.

⁴ O buscador do Google oferece a opção de descobrir o nome de objetos através de imagens, bastando apenas fotografar um objeto com a câmera fotográfica presente no navegador de alguns Smartphones equipados com o sistema operacional Android. Há claro, outros aplicativos com essa proposta e que funcionam de forma semelhante.

sensor a ser explorado nessa sequência didática), para poder retomar a questão anterior: **o que essa peça faz com o carrinho?** Para auxiliar na resposta o professor deverá aplicar um texto (ANEXO 03 – Sobre o LDR), que explica o LDR de forma simplificada, para que os alunos leiam. Sugere-se que todos façam a leitura acompanhando um aluno (ou mais alunos) que lê em voz alta.

Espera-se que agora surjam hipóteses, mas não será o foco dessa atividade chegar na resposta correta. O professor deverá deixar o encontro encerrar com essa pergunta no ar e as hipóteses dos alunos anotadas no relatório do encontro⁵. Além dessa pergunta, o professor deverá pedir para os alunos anotarem no caderno a seguinte pergunta: **“Como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sociedade no meio ambiente?”**. O objetivo com isso é que os alunos comecem a pensar de forma antecipada na robótica sob um viés mais amplo que vai além de um simples carrinho capaz de seguir uma linha. Observamos que, esses momentos precisam ocorrer no ritmo da turma, novamente, eles precisam ter tempo para discutir essas questões entre eles, tirar dúvidas com o professor, formular e testar hipóteses etc. Para fim de registro para eventuais consultas dos estudantes e/ou do professor, é necessário que durante ou ao fim de cada encontro, o professor disponibilize um momento para os alunos escreverem o relatório de atividades (ANEXO 04 – Relatório de atividade). Escrever ajuda memorizar e fazer conexões. Além disso, relatar as atividades estimulará a escrita entre os integrantes das equipes que, ainda devem revessarem na função.

1.1.2 Segundo encontro

Tópicos do encontro: descoberta do LDR, resistência variável, edital de pesquisa fictícia

O desafio desse encontro **consistirá em conectar o LDR ao seu conceito/papel mais elementar**: o papel de resistor variável com a luz. A ideia é fazer isso por meio de discussões embasadas no comportamento do robô. Para isso primeiramente o professor deve fazer uma breve retrospectiva do encontro anterior, estimulando os alunos a lembrar os pontos mais importantes daquela situação: os

⁵ Cada encontro, caso necessário, terá seu relatório específico. Esse material servirá para consulta dos próprios alunos nas atividades futuras e análise do professor (ANEXO 04 – Relatório de atividade).

carrinhos conseguem seguir a linha graças à sensores que o equipam, sendo que estes sensores podem ser de dois tipos, ou LDR ou fototransistor. Além disso, os carrinhos com fototransistor são mais ágeis e mais precisos.

Após essa revisão, o professor deverá apresentar à turma o desafio proposto acima mencionado, e dar esse passo requer a apropriação de conceitos (resistência e interruptor). Uma pergunta que poderá ser refeita é: como os sensores conseguem controlar o carrinho? A pergunta é sim bastante ampla e permite inúmeras interpretações, mas caso precise, o professor pode refinar um pouco perguntando a turma: qual o papel da bateria e do motor? O professor pode explicitar o método que o carrinho utiliza para manobrar (freando as rodinhas que estão do lado oposto ao lado que saiu da linha), sabendo como o carrinho faz a curva e o papel da bateria e do motor, começa a ficar intuitivo que o sensor se apresenta como um ente que liga ou desliga cada roda oportunamente. Feito isso, uma conclusão provável dos alunos é que o sensor funciona como um interruptor, o que é bom (mesmo estando errado), mas o professor deve explorar o momento de forma que venha na discussão outras formas de se interromper um circuito (através de resistores). Se os alunos chegaram à conclusão de interruptor, a discussão que leva ao resistor pode ser motivada com a pergunta: quais seriam outras formas de interromper esse circuito? Nesse momento, tópicos de eletrodinâmica com corrente elétrica, resistividade, geradores etc. podem se aplicar, mas independentemente disso, o professor pode continuar a provocar os alunos: pensem em algum outro componente elétrico que restringe a passagem de corrente elétrica, ou passagem de elétrons (se o assunto resistência elétrica e/ou corrente elétrica já tiverem sido abordados, talvez aqui eles já respondam ao desafio), caso não, o professor precisará fazer essa conexão. Essa etapa é importante porque é central nesse projeto, o LDR funciona num circuito sob a lógica de um resistor variável com a luz e não como um interruptor. Seria problemático deixar os estudos seguirem à diante com os alunos induzidos a esse erro conceitual. O fototransistor (e o transistor) que será o próximo componente a se investigar sim, esses funcionam sob a lógica de um interruptor. O fato de um se portar como resistor e o outro com interruptor é justamente o que faz com que o tempo de resposta dos carrinhos diverjam.

Lembrando que, para todas as atividades, é importante e necessário que haja ambiente e tempo hábil para que os alunos façam essas discussões, interajam e

cheguem a essas conclusões. Principalmente nos momentos em que o professor submete um problema ou desafio, caso eles não tenham esse ambiente propício, os resultados poderão ser prejudicados.

Para encerrar, nesse encontro o professor deve apresentar a dinâmica mais importante que norteará os encontros seguintes: **edital fictício para pesquisa fictícia** (ANEXO 05 – Edital fictício). Para isso o professor precisará providenciar um edital fictício para combinar com os alunos que eles, a partir daquele momento irão assumir a postura de um grupo de pesquisa que estaria atendendo a um edital no qual uma instituição encomenda um estudo sobre os robôs seguidores de linha. Ao fim das investigações, o grupo deverá emitir um relatório no qual se discute a viabilidade econômica, social e ambiental em se obter os tais robôs. Essa dinâmica oportuniza o debate da física sob inúmeros aspectos, o professor pode discutir junto aos alunos, como funciona a estrutura acadêmica em nosso país (e no mundo, porque não), o papel dos atores envolvidos, estrutura física das instituições e laboratórios, como se dão as pesquisas e publicações, como se dá a implementação das metodologias científicas, em que a ciência difere das concepções espontâneas etc. Na sequência o professor distribuirá uma cópia desse edital fictício para que os alunos leiam (uma aluna ou um aluno pode ler em voz alta) para que tenham contato com esse rigor que há no ambiente de pesquisa. Com isso, levamos os estudantes às premissas do segundo e terceiro eixo estruturante da AC, ajudando os envolvidos a compreender como ocorre a construção da ciência.

1.1.3 Terceiro encontro

Tópicos do encontro: manipulação do multímetro, o papel do LDR, da pista e do LED.

Como sempre, cada encontro deve se iniciar com o professor relembrando os alunos dos eventos do encontro anterior, para que haja continuidade no processo de aprendizagem, uma vez que em geral os alunos acabam esquecendo ou, pelo menos, não se lembrando de tudo que foi feito anteriormente. Nessa continuidade vem a primeira dinâmica desse encontro: **medir a resistência do LDR com luz e sem luz utilizando um multímetro. (Erro! Fonte de referência não encontrada.abaixo).**



Como já foi concluído no encontro anterior, o LDR tem o **caráter de um resistor**, com a diferença de que a resistência deste, diferentemente de um resistor ôhmico, exemplo, varia sua resistência com a incidência da luz, de forma que com luz sua resistência é baixa, permitindo um grande fluxo de elétrons circular e, sem luz, sua resistência sobe a ponto de impedir quase que totalmente o fluxo de elétrons. Dessa forma, ele age como uma chave no circuito que é acionada com ondas eletromagnéticas. O professor deverá providenciar essa ferramenta (multímetro) com antecedência e nesse momento instruir os estudantes a como manuseá-la. Apesar de alguns multímetros apresentarem certo nível de complexidade no manuseio, medir resistência elétrica, em geral é algo simples de se aprender, apesar de que, dadas as condições de tempo, o professor pode aproveitar a oportunidade para explorar um pouco mais esse equipamento com a turma⁶.

Após a instrução o professor deve organizar a turma de forma que todos tenham a oportunidade de fazer as medidas e tomar nota dos valores com o LDR iluminado e com o LDR obstruído (no escuro). Importante que essa dinâmica não funcione como uma verificação, e sim como investigação, os alunos já sabem do caráter resistivo do LDR (do encontro anterior) mas ainda não fez a conexão entre um valor de resistência e o fato da roda do robô girar ou não. Perguntas como: em que situação as rodas do carrinho giram e em que situação para? Por quê? Respondam com base na resistência medida. Qual efeito da luz sobre o LDR?

O próximo exercício é integrar a pista a esse sistema, o professor deve indagar os alunos fazendo perguntas como: qual é o papel da pista? Porque ela é toda preta com uma faixa branca, a qual os carrinhos seguem? De onde vem a luz que ativa o LDR? Por que acham que o professor diminuiu a luminosidade sala na primeira atividade? E se aumentarmos a luz durante o trajeto do carrinho? (isso pode ser facilmente testado, bastando apenas acionar os carrinhos e apontar a lanterna do celular para os seus sensores).

⁶ Em geral, para fazer medidas de resistência basta que seja selecionado no multímetro a função resistência elétrica, normalmente sinalizada com o símbolo Ω , após isso, basta manipular a chave seletora de funções para obter resultados mais precisos. No link a seguir, sugerimos um vídeo que mostra esse processo: <https://www.youtube.com/watch?v=DkkNViqz8xU>

Partindo da base que eles têm do que é um LDR e qual seu princípio elementar de funcionamento (resistor variável com a luz), a discussão sobre a pista pode seguir em termos de quais das cores refletem a luz e quais das cores absorvem, e com isso o papel do LED vem à tona. Nesse momento o professor pode novamente pôr os carrinhos para funcionar e pedir para que os alunos, novamente observem os carrinhos funcionando, provavelmente eles vão observar agora com um olhar mais refinado, afinal, já reconhecem os sensores, e possivelmente vão olhar o que mais está em volta do sensor. Caso esses eventos não ocorram espontaneamente, o professor deve chamar a atenção para esses outros componentes que também são cruciais ao funcionamento do dispositivo. Nessa discussão estimulada e mediada pelo professor, os alunos precisam ter tempo para organizar seus pensamentos de forma a unir coerentemente, os elementos estudados, compreendendo assim a dinâmica que envolve LED, pista e sensor. No melhor dos cenários, quase todos os estudantes farão essa conexão, no pior dos cenários, a maioria levantará hipóteses incompletas ou equivocadas – e está tudo bem-, em quaisquer dos casos, o encontro seguinte ajudará os alunos a compreender melhor cada componente para um melhor solucionar desse problema que ficará em aberto nesse encontro.

1.1.4 Quarto encontro

Tópicos do encontro: desenho do esquema do carrinho envolvendo LED, LDR, Bateria e Motor

Relembrando o encontro anterior, é provável que alguns alunos ainda não tenham conseguido fazer a conexão entre LED, pista e sensor, e que são peças-chaves para essa primeira atividade. A retrospectiva pode ajudar alguns que ainda tinham alguma dúvida, mas ainda assim, é necessária a implementação da atividade seguinte que visa conectar todas as peças já discutidas até aqui (motor, sensor, LED e pista). A atividade é simples e trata-se de desenhar um esboço esquemático do carrinho posicionando cada peça estudada em seu devido lugar, explicando o papel de cada uma. Para isso o professor pode dividir a turma em grupo de três alunos em média para que haja mais interação e participação de todos na tarefa. É esperado que, ao desenhar e ter que explicar o papel de cada peça, os alunos consolidem suas concepções sobre o funcionamento do robô seguidor de linha. Essa tarefa demanda de um grande investimento de tempo, atividades em grupo tem potencial

para oferecer bons resultados em interações, tanto com professor, quanto entre eles mesmos, nesse caso, eles poderão consultar tanto o professor, quanto a internet para compreender melhor o desenho que precisa executar.

Para encerrar essa atividade o professor deverá pedir para que os alunos o respondam por escrito como funciona o LDR. Essa dinâmica servirá como avaliação diagnóstica. Para esse momento, é esperado que a resposta dele seja ainda vaga, repleta de especulações baseadas no comportamento dos robôs. É provável que nesse texto, os alunos formulem várias hipóteses que poderão ser mais tarde testadas.

1.2 Atividade 02 - Conceitualização e estudo sistemático

Objetivos pedagógicos

1. Conceitualizar o efeito fotoelétrico
2. Investigador o funcionamento do sensor no carrinho
3. Investigar o sensor LDR

Desenvolvendo a atividade

1.2.1 Quinto encontro

Tópicos do encontro: vídeo sobre dualidade onda partícula, simulação sobre efeito fotoelétrico da plataforma Phet Colorado

Para iniciar a atividade, o professor precisa relembrar os eventos da aula anterior, o que se discutiu e concluiu, os alunos precisam serem lembrados das observações acerca das diferenças entre o robô com LDR e com fototransistor. Principalmente da pergunta feita ao fim do encontro: “como o LDR funciona?”. Nesse encontro o professor deverá estimular os alunos a fazer a conexão entre o LDR e o princípio físico de funcionamento do mesmo (efeito fotoelétrico), essa é uma tarefa complexa e muito importante para essa sequência didática pois, o princípio de funcionamento do LDR também é o mesmo do fototransistor. Nessa abordagem, sugerimos que a investigação desse encontro ocorra da seguinte forma:

Primeiramente exiba o vídeo “**A Idéia do Quantum - Efeito Fotoelétrico**”⁷. O vídeo contém sim spoiler da dinâmica seguinte, porém, os alunos nessa altura ainda não terão maturidade para realizar essas conexões em específico, o mais provável é que eles apenas absorvam essas informações a respeito da luz e, somente mais a frente, com o intermédio do



Figura 2.5-Thumbnail do vídeo A Idéia do Quantum - Efeito Fotoelétrico.

professor, associe o efeito fotoelétrico visto nas simulações ao caráter dual da luz. Na sequência do vídeo, é importante que o professor faça alguns apontamentos

⁷ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=CEuMmMxD-vI>

históricos com relação ao mesmo. O vídeo, apesar de bastante útil e correto com as explicações sobre o que mais importa nessa ocasião, deixa de apontar a descoberta como um evento coletivo no qual, mesmo que separadamente, vários estudiosos se debruçaram. O contexto histórico é de grande importância no ensino de ciências, é uma das muitas formas de se ensinar que a física, apesar de ser tida uma “ciência exata”, ela ainda é uma construção humana e está sujeita à sociedade, à economia e às questões socioculturais. No caso do efeito fotoelétrico, tivemos muito mais cientistas contribuindo além de Albert Einstein. Nessa atividade, algumas conexões precisam ser feitas realmente pelo professor, pois é pouco provável que alunos do ensino médio intuem fenômenos, por exemplo, como níveis de energia influenciam na corrente elétrica, ou associar estrutura da matéria às bandas de valência e de condução. Acreditamos que essa etapa exigira que o professor atue mais e faça essa ponte entre o LDR, a química e a física. Essa dinâmica associada a assistir o vídeo, para além do primeiro contato com alguns temas, tem como objetivo principal, provocar ao máximo a curiosidade dos alunos sobre as características da luz, curiosidades essas que deveriam ser sanadas na dinâmica seguinte, na qual os alunos manipularão uma simulação sobre efeito fotoelétrico. Motivado pelas conclusões dos encontros anteriores nos quais ficava claro que o LDR é um sensor sensível a luz, o professor deve instigar os alunos a se perguntarem questões como por exemplo: o que é a luz? a luz é onda ou partícula? o que é dualidade onda-partícula? Como essa nova informação sobre a luz (dualidade onda partícula) impacta no que sabemos até agora sobre o LDR? Mas sem dar resposta ou confirmar qualquer hipótese, esse momento do encontro deve ser concluído repleto de perguntas sem respostas, dúvidas, hipóteses etc. O professor pode solicitar que eles anotem suas perguntas e hipóteses no caderno para poder investigá-las ou testá-la no momento seguinte no laboratório de informática.

No computador os alunos deverão ser orientados sobre como manipular a simulação da plataforma Phet Colorado⁸, é importante que o professor demonstre a interface do software para que os alunos saibam onde estão os controles e o que cada um faz. Feito isso o professor deverá guiar os alunos através de

⁸ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric
Em 08/02/2022.

questionamentos, a investigar as características do efeito fotoelétrico: o que acontece quando manipulamos o *fade*⁹ da intensidade? E o que acontece ao manipular o *fade* da “cor” (supondo que eles ainda não tenham estudo ondas eletromagnéticas)? E a bateria? O objetivo é mesmo mexer em tudo que for possível naquela simulação. É esperado que os alunos se esbarrem na incongruência baseada no fato de que mais intensidade não ejeta elétrons mais enérgicos, apenas aumenta a quantidade de elétrons sendo ejetado. Do ponto de vista dos alunos que estão a investigar, o que faz os elétrons serem ejetados com mais velocidade é a mudança de cor que vai do vermelho para o violeta, é o que a simulação os mostrará. Esses dois temas (intensidade e cor) são tópicos sensíveis ao nosso projeto e a física moderna em si. Por isso é tão importante que os alunos se debrucem nessa simulação, brinquem, se apropriem da mesma o máximo possível. Essa dinâmica tem potencial para discussões sobre ondas eletromagnéticas e inúmeras formas de radiação, quando se abre o debate sobre radiação, atualmente é comum que surjam questionamentos sobre o funcionamento do raio-X, o tratamento de câncer, a radiação solar, energia nucleares, etc.

Nessa ocasião, o professor deverá aproveitar o fato de que terá de falar do espectro da luz e associar cor à frequência e/ou comprimento de onda, isso facilitará as discussões futuras que passaram a ter um maior embasamento científico. Outro fato importante a se observar nessa simulação, é que na vida real ela não representa o que ocorre de fato, no LDR o efeito fotoelétrico ocorre nas estruturas cristalinas do semicondutor, fazendo com que o fluxo de elétrons que ocorre devido a incidência de luz numa frequência adequada, “povoe” a banda de condução, tornando momentaneamente um material semicondutor em condutor. Para ajudar nessa discussão o professor, de forma expositiva deve se valer das discussões sobre níveis de energia que, provavelmente esses alunos já estudaram e fazer essa conexão junto aos alunos. Nas aulas de química estuda-se, na primeira série do ensino médio, os níveis de energia denominados KLMNOPQ, sendo que uma dessas camadas será a camada na qual ocorre o fluxo de elétrons, que permitirá a passagem de corrente por aquele material. Cada um dos eletrodos dispostos na simulação pode ser interpretado como dois níveis consecutivos de energia, tal como aprendido na disciplina de química, e aí sim, essa interpretação se aproxima melhor

⁹ Controle deslizante em geral manipulado pelo mouse do computador.

da realidade. Por fim, o professor deverá lembrar da bateria, pedindo para que os alunos fizessem os testes para responder ao grupo, o que ocorre quando se inverte o sentido da pilha. Nesse momento, o professor pode aproveitar para lembrar os alunos sobre o conceito de campo elétrico, supondo que a sequência didática está sendo implementada numa turma de terceira série do ensino médio.

Após as explorações acerca da simulação, é necessário que o professor retome os conceitos de luz, onda e partícula que foi explicitado no vídeo, para ajudar os alunos a formularem suas respostas para as perguntas que eles mesmo fizeram. É provável que grande parte dos alunos ainda não terá conseguido internalizar esses conceitos nessa atividade, até porque, esse universo que antevê a mecânica quântica é de uma estranheza sem fim, mas pelo menos executa o papel de mostrar que existe essa realidade na qual a luz pode se comportar hora como onda, hora como partícula. Essa discussão permite o professor explorar a ideia de modelos científicos que se encaixa perfeitamente aqui. A luz é o que é, ela não se autointitula onda ou partícula, esses rótulos são dados por nós de forma arbitrária para nos referirmos ao tipo de tratamento matemático estamos dando a esse ente físico. Os modelos científicos perpassam toda a física, desde o modelo dos gases ideais até os modelos atômicos, passando pela relatividade de Galileu e Einstein, e é necessário que o professor trabalhe sobre essa óptica para ajudar os alunos a compreenderem esses fenômenos de forma mais madura e embasada. Retomando as perguntas: o que é a luz? A luz é onda ou partícula? O que é dualidade onda-partícula? Como essa nova informação sobre a luz (dualidade onda partícula) impacta no que sabemos até agora sobre o LDR? Provavelmente os alunos terão melhores respostas do que na primeira vez que elas foram feitas, agora o professor pode sempre recorrer a simulação para ajudar no raciocínio dual que luz nos apresenta. O mesmo ente, no mesmo experiente exhibe os dois comportamentos.

Para encerrar esse encontro, o professor deverá perguntar novamente, como funciona o LDR. Agora, as respostas precisaram levar em conta os conceitos estudados sobre o efeito fotoelétrico e espera-se que os alunos consigam trazer para suas respostas os conceitos de efeito fotoelétrico, como ele ocorre dentro daquele dispositivo. E com essa etapa, encerra-se mais um ciclo investigativo.

1.3 Atividade 03 - Conceitualização sobre modelos de bandas de condução

Objetivos pedagógicos

1. Resolver problemas matemáticos sobre efeito fotoelétrico
2. Compreender os modelos de condução em semicondutores (estruturas cristalinas).
3. Investigar por que o fototransistor tem um menor tempo de resposta.

Desenvolvendo a atividade

1.3.1 Sexto encontro

Tópicos do encontro: sugestão para o sexto encontro: resolução de problema sobre efeito fotoelétrico, função trabalho, vídeo sobre dopagem do Silício, junções PN, banda de valência, banda de condução, barreira de potencial, resistência variável

O encontro deverá ser iniciado como sempre, com o professor pontuando os eventos anteriores: compreensão da mecânica dos robôs (primeiro encontro), o caminho percorrido pela energia elétrica (terceiro encontro), o papel do LED (quarto encontro), LDR, bateria e motor, a função da pista e da luz, chegando ao efeito fotoelétrico (quinto encontro). Nesse encontro (sétimo) inicia-se atividade 03 que se estenderá até o oitavo encontro, a primeira dinâmica é resolver um problema teórico sobre o efeito fotoelétrico no quadro juntamente com os alunos. Para isso o professor deverá escrever no quadro o problema para que os estudantes possam copiar no caderno:

A função trabalho do zinco é $4,3eV$.
Um fotoelétron do zinco é emitido com energia cinética máxima de $4,2eV$.
Qual é a frequência f do fóton incidente que emitiu aquele fotoelétron? (Dado: constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}Js$)
Sendo $w = 4,3 eV$ e $Ec(máx) = 4,2 eV$.
Vem:
 $h \cdot f = w + Ec (máx)$

$$\begin{aligned}h \cdot f &= 4,3 + 4,2 \\h \cdot f &= 8,5 eV \\ \text{Convertendo } 8,5eV \text{ para } J: \\ 8,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} &= 13,6 \cdot 10^{-19}J \\ \text{Daí} \\ h \cdot f &= 13,6 \cdot 10^{-19} \\ 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot f &= 13,6 \cdot 10^{-19} \\ f &= 2,05 \cdot 10^{15}Hz\end{aligned}$$

Antes de resolver o problema, o professor deverá recapitular o encontro anterior para que os alunos relembrem os conceitos básicos sobre o efeito fotoelétrico para que, a partir desses conceitos, seja possível inserir novos

conceitos, como por exemplo, função trabalho. Um esboço no quadro, análogo à simulação pode ser bem viável, para momento.

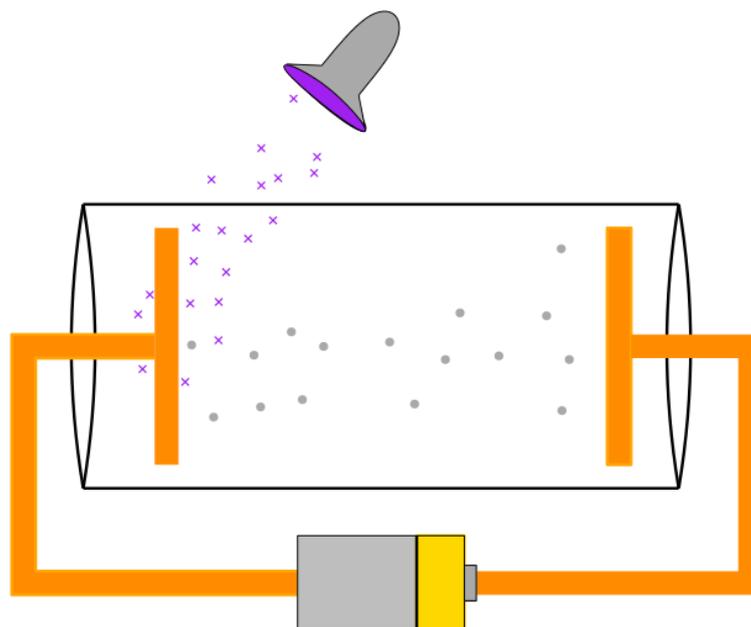


Figura 2.6 - Esquema da simulação do efeito fotoelétrico.

Uma abordagem sugerida é relembrar o conceito de lei de Coulomb na qual se estuda a força que há entre cargas elétricas, a função trabalho vai além dessa simplificação, mas para esse efeito, dados os recortes ao ensino médio, a função trabalho tratará do mínimo de energia que um elétron precisará ter para se desprender do átomo ao qual está preso devido a força coulombiana, e essa energia é advinda dos fótons que chegam até ele com a energia adequada. Pode-se realizar as seguintes perguntas: o que seria então de fato a função trabalho? Como se poderia implementar o conceito de função trabalho num LDR real? Elas têm potencial para estimular ainda mais discussões, curiosidades, formulação de hipóteses e testes das hipóteses que poderão ser verificadas ao resolver o problema.

Nessa etapa, o professor deverá conduzir as manipulações algébricas de modo sejam executadas ou norteadas pelos alunos, isso pode ser feito por um deles vindo ao quadro e resolvendo o problema com a ajuda dos demais colegas de turma, ou até mesmo com o próprio professor assumindo esse papel. Com a resolução desse problema o professor proporciona aos alunos um aprofundamento os conceitos envolvidos no efeito fotoelétrico estudados até então, trazendo novos

elementos para a discussão, como por exemplo, a função trabalho, a equação de Planck ($E = hf$) e a constante de Planck.

Para encerrar essa etapa o professor deve então recapitular os objetivos associados ao efeito fotoelétrico, espera-se que os alunos tenham compreendido que o LDR tem no circuito um papel de chaveamento, ou seja, um tipo de chave que liga e desliga com incidência de luz ou a falta de luz. A luz emitida pelo LED é refletida pela parte branca da pista, fazendo com que ocorra o efeito fotoelétrico ao chegar no LDR, permitindo que a corrente flua no circuito, alimentando os motores que fazem o carrinho locomover. A resposta para a pergunta: como o LDR funciona deve ser discutida nesse momento, ao decorrer dos dois últimos encontros essa pergunta foi sendo feita em estágios diferentes do processo, e agora os alunos têm um embasamento sólido para respondê-la.

Para dar continuidade, o professor deverá chamar a atenção dos estudantes para o momento em que se encontra a sequência didática: estudando para compreender o funcionamento dos dois tipos de sensores para escreverem um relatório sobre robôs com sensor LDR e sensor foto transistor, no qual se explica as particularidades de cada um, e os impactos sociais e ambientais oriundos da manufatura e aplicação desses dos robôs em questão. Esse lembrete ajuda os estudantes a manterem o foco sobre o objetivo central da sequência didática.

A etapa que segue é destinada ao estudo sobre o fototransistor, o que pode ser um grande desafio pedagógico, conseguir compreender conceitos como banda de valência, banda de condução, semicondutores etc. Sob o olhar da física é uma tarefa que aparentemente ainda não se tem tanto amparo didático. Implementar esse tipo de conceito ao ensino médio é sensível e exige que o professor faça o exercício da transposição didática com bastante cautela. Como professores de física, temos um apreço especial para com a matemática com suas equações, teoremas, demonstrações etc., contudo defendemos que a física não se resume isso. A física é uma ciência da natureza e, portanto, mesmo antes de fazer as contas, a quase todos os tópicos de física (ou pelo menos uma boa parte deles) é possível se aprender na sua forma mais elementar, isto é, sem ter que fazer todas as demonstrações matemáticas. Não queremos com isso minimizar o papel da matemática na física, temos total consciência de que a matemática é uma parte essencial à física, é a linguagem pela qual nos comunicamos e raciocinamos a

respeito da natureza, além disso, há inúmeros fenômenos e implicações dentro das ciências que só podem ser verificados sob o olhar do cálculo e/ou mecânica estatística. O que insistimos, a partir dos resultados do projeto que originaram essa sequência didática, é que não é aceitável que deixemos, por exemplo, de ensinar como um LDR funciona numa turma de ensino médio, devido ao fato deles não saberem derivar ou integrar, ou ainda, resolver a equação de Schrodinger, ou qualquer outra equação importante da mecânica quântica.

Sugerimos que o professor, nesse momento, lembre aos alunos quais são os objetivos da sequência didática, ou o que eles buscam responder: **como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sociedade no meio ambiente?**

Relembrando a chamada para a pesquisa no edital fictício, para introduzir os conceitos que configuram a física dos fototransistores, o professor deverá primeiro lembrar aos alunos que o *fototransistor* faz exatamente a mesma coisa que o LDR, só que de forma mais eficiente, ele tem um tempo de resposta menor, ele liga e desliga mais rápido que o LDR, assim, as curvas realizadas pelo robô ficam mais precisas, nesse momento o professor deve mostrar novamente os robôs funcionando, só que agora, chamando atenção para esse detalhe. Essa diferença de reação do LDR para o fototransistor é o objetivo a ser explorado nesse encontro.

Para atender essas expectativas, um vídeo intitulado: *Transistor, ¿Cómo funciona?*¹⁰ que deverá ser exibido aos alunos. O vídeo (Figura 2.7) explicita de forma simplificada e amigável, os processos de dopagem do Silício

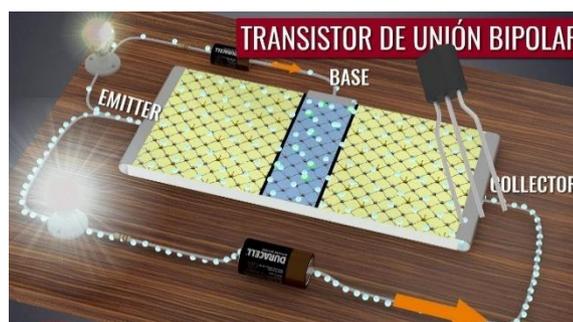


Figura 2.7-Thumbnail do vídeo Transistor, ¿Cómo funciona?

com Fósforo e com Boro, ficando claro os conceitos de dopagem tipo P e tipo N. O vídeo ainda transita pelos conceitos de bandas valência, bandas de condução, barreiras de potencial e aplicação de transistores. É necessário que o professor faça as devidas intervenções para ajudar os alunos a compreenderem o vídeo pois, até a data presente, não havia uma versão dublada e ele não fala especificamente de

¹⁰ Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=w14cvydBC8g&t=131s>>
10/02/2022

fototransistor e sim de transistor e diodo. Além disso, não é trivial vincular as animações do vídeo, ao efeito fotoelétrico de forma espontânea, essa fase requer intervenção bastante atuante do professor. Apesar de seguirem a mesma lógica de funcionamento (fisicamente falando), são componentes diferentes, com aplicações e detalhes drasticamente diferentes. Apesar das adversidades, esse vídeo tem um papel fundamental a essa atividade pois, estamos lidando aqui com partículas e eventos que ocorrem em nível atômico, nessas situações, conseguir uma forma de visão macro, pode acelerar o processo de abstração futura que se deseja que os alunos se apropriem.

Dentre tantas formas de se abordar o fototransistor, a escolha que passa pela compreensão de um transistor vai bem a calhar, uma vez que esses componentes eletrônicos têm muito em comum e o vídeo fala exatamente do transistor. Durante a exibição, o professor pode fazer pausas e mostrar em que parte da construção esses componentes se distinguem, e ao fazer isso ele conseguirá fazer a conexão com o efeito fotoelétrico, pois, de forma simplificada, dadas as devidas considerações, o fototransistor é um transistor no qual o terminal denominado *base* do transistor é substituído por uma placa que pode absorver luz e sofrer o efeito fotoelétrico assim como o LDR. No vídeo ao tratar do transistor, o exemplo clássico de um amplificador é apresentado, nessa circunstância o som é amplificado graças a um transistor que consegue ligar e desligar um circuito na mesma frequência que o sinal elétrico gerado pela bobina de um instrumento, ou diafragma de um microfone chega até ele. No caso do fototransistor, a corrente que chega até ele é gerada pelo efeito fotoelétrico.

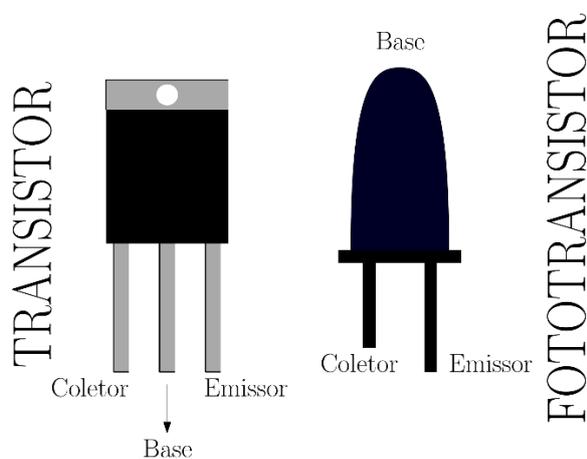


Figura 2.8-Eschema de transistor e fototransistor lado a lado.

Além de toda a discussão prevista para essa primeira parte do encontro, o vídeo deverá auxiliar na dinâmica seguinte na qual os alunos deverão confeccionar cartazes de forma a esquematizar e explicar o princípio de funcionamento de alguns componentes eletrônicos: transistor, fototransistor, LDRs e diodo. Para realizar essa dinâmica, antes os alunos farão a leitura de um texto (ANEXO 06 – O que são os fototransistores), que dialoga com o vídeo exibido elucidando os conceitos básicos sobre o funcionamento do fototransistor. As perguntas a seguir estimularão o debate sobre o texto: como funciona o fototransistor? Do que é feito? Qual sua função no circuito? Porque ele tem um tempo de resposta menor do que o LDR? Após um momento de reflexão no qual se debate o texto lido e se formule hipóteses de como responder a perguntas anteriormente mencionadas, a turma deverá ser dividida em quatro equipes, para que cada uma fique responsável em fazer o esboço de cada um dos componentes eletrônicos que são abordados nessa atividade (transistor, fototransistor, LDRs e diodo). Para a confecção desses cartazes a turma poderá consultar o professor, os colegas e a internet.

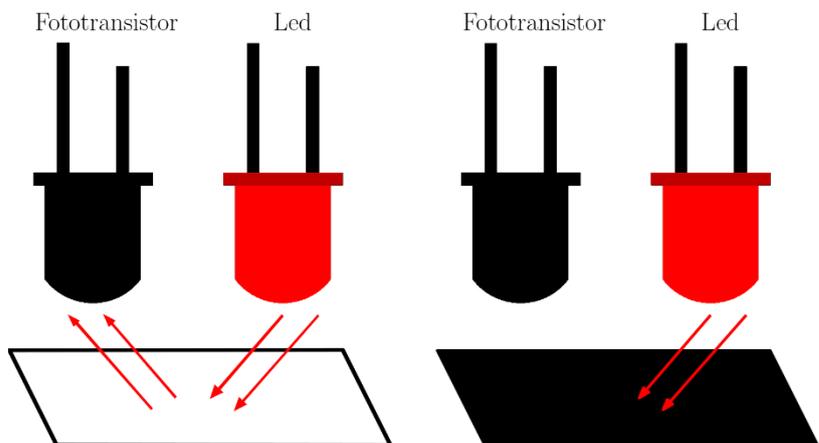
1.3.2 Sétimo encontro

Tópicos do encontro: transistor, fototransistor e LDR

Esse encontro deve começar com o professor lembrando o anterior para dar continuidade na confecção dos cartazes. Após o término dos cartazes, as equipes deverão apresentar os mesmos à turma, a fim de que os colegas possam contribuir mutuamente nos trabalhos realizados por cada equipe. Em seguida, os alunos deverão se voltar para as perguntas apresentadas na primeira parte dessa dinâmica e respondê-las, compartilhando suas conclusões com a turma e preenchendo o relatório desse encontro. Espera-se que os alunos, nessa atividade exercitem suas capacidades de buscar informações, ler e interpretar e argumentar. O professor deve retomar a discussão sob os aspectos da aplicação do transistor à amplificação de sinal de áudio, para conseguir fazer voltar à conversa, o conceito de “liga/desliga” do transistor, isto é, o conceito de interruptor. Conseguindo fazer essa associação permitirá ao estudante transportar esse conceito para o fototransistor. Nessa discussão é importante que, através de indagações o professor leve os alunos a retomarem o conceito também de interruptor do LDR que terá sido discutido no terceiro encontro, só que no caso do LDR, ele interrompe a corrente elétrica através do seu caráter resistivo na ausência de luz, enquanto que o fototransistor interrompe a corrente elétrica devido ao seu caráter de interruptor, nesse caso a ação é instantânea e o corte na corrente (para efeitos práticos)

Figura 2.9 - Esquema de funcionamento do fototransistor em conjunto com a pista.

é integral, é como se literalmente alguém desconectasse o circuito através de um disjuntor. As Figura 2.9 esquematizam o funcionamento do fototransistor em conjunto com a pista.



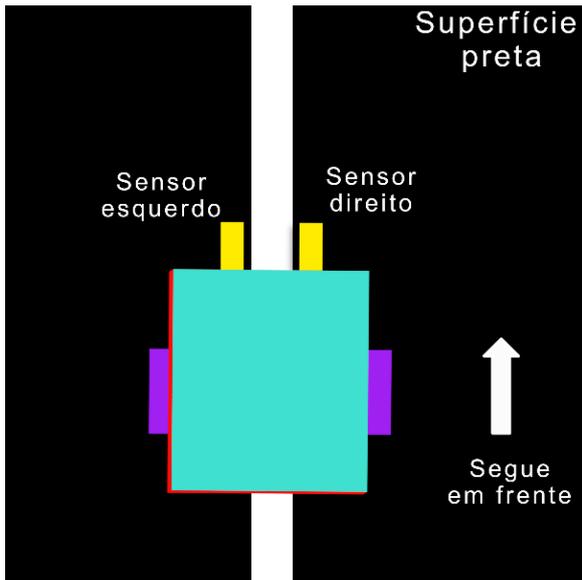


Figura 2.12-Movimento em linha reta

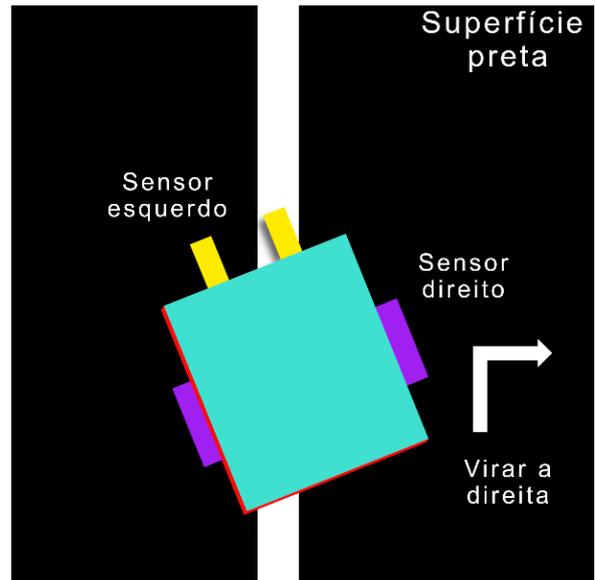


Figura 2.11-Movimento a esquerda

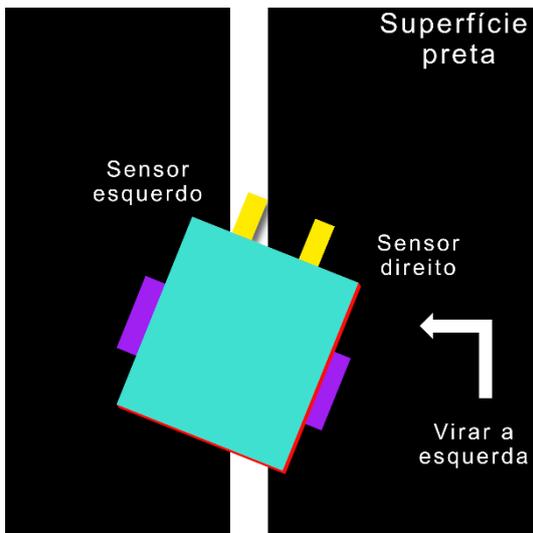


Figura 2.10-Movimento a esquerda

direito está na superfície preta e o sensor esquerdo está na superfície branca.

Aqui apresentamos um esquema do fototransistor já implementado no carrinho (retângulo azul) mostrando as condições para cada movimento possível. Na Figura 2.12-Movimento em linha reta, o sensor esquerdo está sobre superfície preta enquanto o sensor direito está sobre superfície branca, na Figura 2.11-Movimento a esquerda, os dois sensores estão sobre a superfície preta, enquanto na Figura 2.10-Movimento a esquerda o sensor

É importante, nesse momento, que haja tempo e liberdade para que os estudantes interajam entre si com mínima interferência do professor, e que eles corrijam, caso necessário, os materiais entregues. Nessa ocasião, para encerramento do encontro, é importante que o professor retome o conceito de modelos científicos, porque tudo que é apresentado no vídeo, e que deverá ser discutido aqui, são modelos. Como para todo modelo, existe o risco de, na falta de algo mais concreto, os alunos levarem para si a imagem limitada de uma animação ou simulação como sendo tudo que há para se saber sobre um determinado assunto. Toda analogia falha em algum momento e isso precisa ficar claro para o estudante.

Talvez a característica, mais importante a ser observada nessa sequência didática seja a discussão e a forma com que o conhecimento vai sendo construído, lembrando que essa é uma sequência de ensino investigativa, e a postura do professor deverá sempre de não dar a resposta direto, é importante que os alunos façam essas conexões, formulem hipóteses e as testem. Bem direcionado, o aluno pode retomar as discussões sobre o LDR e conectar o fototransistor sob o mesmo referencial teórico. E essa premissa deve ser observada em toda a aplicação desse trabalho. Essa sem dúvida é a etapa mais complexa do trabalho. A compreensão de base, coletor e emissor não é nada intuitiva aos alunos do ensino médio (e até do ensino superior às vezes). Seriam necessárias mais atividades para que esses conceitos se consolidassem. Mas dadas os devidos recortes e objetivos dessa sequência didática, se a aplicação ocorrer conforme previsto nesse documento, os resultados serão notáveis.

Após a devolução dos cartazes, o professor precisa investir alguns minutos fazendo uma retrospectiva mais aprofundada para contextualizar os alunos novamente, só que agora com mais ênfase em casa fase, já que passaram muitos encontros (8) e um número ainda maior de dinâmicas, conceitos e teorias. É possível que algum aluno se perca na linha do tempo, na teoria e objetivos que permeiam essa sequência didática que visa responder: **como sensores podem otimizar o funcionamento de um robô autônomo? E de que forma isso implica na sociedade no meio ambiente?**". Na busca dessa resposta os alunos foram levados a fazer inúmeras investigações, formular outras tantas hipóteses que varreram um amontoado de conteúdo de física.

A relembrar, a primeira dinâmica foi investigar o funcionamento dos robôs de forma visual, observando quase que exclusivamente seu comportamento mecânico. O segundo foi responsável por diferenciar os carrinhos e começar a investigar o LDR, depois das descobertas sobre o LDR, foi investigado seu caráter resistivo variável, para isso lançou se mão da manipulação do multímetro, quando no mesmo encontro foi combinado a dinâmica do edital fictício de pesquisa fictícia que tinha como objetivo que fosse feita uma investigação sobre os impactos sociais e ambientais a respeito dos robôs seguidores de linha. Na sequência foi a vez de compreender LED, pista, LDR, Bateria e Motor tudo junto. Houve o encontro dedicado a estudar a dualidade onda-partícula para justificar a conexão do LDR ao

efeito fotoelétrico - através de uma simulação da plataforma Phet Colorado - que, por sua vez foi conectado ao fototransistor. Tudo isso permitiu que fossem discutidos tópicos de eletrônica como dopagem do Silício, junções PN, banda de valência, banda de condução, barreira de potencial e resistência variável. E agora, é o momento de se dar o último passo para a conclusão dessa sequência de ensino investigativa.

O professor deverá prosseguir de forma a envolver os alunos no contexto de pesquisadores que fora combinado no terceiro encontro. Resumidamente, este consistia em atender a um edital no qual uma agência de fomento encomenda um estudo sobre os robôs seguidores de linha e, ao fim das investigações, deve-se emitir um relatório que discute a viabilidade econômica, social e ambiental em se obter os tais robôs. E o professor deverá utilizar justamente os objetivos que precisam se cumprir no relatório para provocar uma discussão com os alunos, que já vá moldando direcionando a escrita do documento.

Para ajudar a discussão, deverão ser feitas perguntas à turma, como por exemplo: quais os impactos econômicos, sociais e no ambientais, decorrentes do uso de robôs? O silício é fácil para se obter na natureza? Há impactos na extração do Silício? E o Boro? E o Fósforo? E o consumo de energia elétrica e fóssil para realizar esse trabalho? E o descarte dos dispositivos eletrônicos? E as mudanças sociais e a mudança de comportamento devido às novas tecnologias, a robótica? E o desemprego devido a robotização? Etc. Essa dinâmica visa dar um primeiro passo na discussão. Há uma chance de grande de haver muitas respostas de todos os alunos, cada um tentando expressar seu ponto de vista sobre cada pergunta. Esse momento demanda de muita energia do professor em ficar atento a tudo, conseguir direcionar a discussão, dar feedback ao máximo de hipóteses possíveis, não as respondendo necessariamente, mas provocando ainda mais discussão. Ele pode por exemplo, anotar no quadro as hipóteses que forem sendo formuladas, isso ajudaria a turma a não se perder na discussão. Evidentemente, isso deve ser feito de modo que sempre direcione a discussão para que se encaixe no relatório que precisará ser escrito nos dois próximos e últimos encontros. O professor deve encerrar a atividade deixando todas essas ideias no ar, somente no universo das ideias, pedindo para os alunos refletirem sobre isso para retomar tudo no encontro seguinte. É possível que

até o próximo encontro, alguns alunos realmente reflitam sobre as discussões e venha no próximo encontro com as ideias um pouco mais maduras.

1.4 Atividade 04 - Conclusão parte I: organização inicial das discussões

Objetivos pedagógicos

- Revisar as etapas da sequência didática, lembrando as características de cada tipo de sensor a se empregar no carrinho
- Escrever relatório à universidade hipotética.

Desenvolvendo a atividade

1.4.1 Oitavo encontro

Tópicos do encontro: sugestão para o oitavo encontro: escrita do relatório (parte I)

A atividade 04 implementada no oitavo encontro inicia a fase da conclusão da SEI, nesse encontro os alunos devem ser orientados a confeccionarem um relatório que seria emitido para a fictícia agência de fomento. Nesse relatório, conforme acordado nas atividades anteriores, deve ser composto das conclusões que o grupo obteve sobre os vieses econômicos e financeiros da obtenção dos robôs e os impactos sociais e ambientais que a manufatura e aplicação desse tipo de dispositivo pode causar.

O encontro deverá iniciar como todos os outros, lembrando os anteriores para que haja continuidade no processo de aprendizado. A seara de assuntos que podem ser abordados nessa fase é imensa e cabe ao professor explorar segundo sua realidade e relevância. Um viés importante a ser explicitado pelo professor, é o papel da ciência e dos métodos científicos sob a figura da universidade e das instituições afins¹¹. É importante que os alunos entendam de maneira simplificada a estrutura acadêmica e como esta funciona. A relevância da ciência, nesse momento,

¹¹ É muito fácil o professor se deixar levar numa aula, permitindo que as atividades caminhem para um rumo de caráter muito mais recreativo do que didático. Isso faz a aula ser animada e divertida, mas talvez não dê resultados em aprendizado de fato, defendemos que é importante as bases teóricas bem consolidadas norteando as práticas educativas, é crucial que o trabalho científico seja guiado pelas metodologias científicas, em algum momento isso poderá ser uma das características que farão nossos alunos nos diferenciarem do criador de conteúdo que não tem compromisso com a educação e/ou a alfabetização como um todo.

grita os cuidados com relação as mentiras (romantizadas de *fake news*) veiculadas por grandes canais de mídia, em torno da pandemia da COVID-19 que, por si só explicita um punhado de consequências decorrente do mal emprego (ou não emprego) das ciências e as tecnologias decorrentes dela.

O professor deverá agora lembrar as perguntas do final da atividade anterior para que as ideias expostas naquela ocasião sejam trazidas de volta: quais os impactos econômicos, sociais e ambientais? O silício é fácil para se obter na natureza? Há impactos na extração do Silício? E o Boro? E o Fosforo? E o consumo de energia elétrica e fósseis para realizar esse trabalho? E o descarte dos dispositivos eletrônicos? E as mudanças sociais e a mudança de comportamento devido às novas tecnologias, como a robótica? E o desemprego devido a robotização? É importante aqui pontuar que discussões em torno de sociedade são complexas e podem ficar bastante acaloradas, e o professor precisa se munir de conhecimento e bom senso para conduzir esse tipo de dinâmica. Alertamos que o professor como a figura que orienta, conduz o debate, se prepara para isso, e precisa sempre repensar suas práticas pedagógicas, fazendo autocríticas sinceras para não transformar sua atividade de física numa aula rasa de economia e/ou sociologia sem embasamento algum, uma vez que normalmente somos formados especificamente em física. Numa ocasião adequada, essa SEI poderia ser testada numa aplicação interdisciplinar, seria interessante verificar os resultados desses tópicos sob o auxílio de outros professores de outras áreas do conhecimento.

Após as discussões o professor deverá formar trios e pedir para que uma das equipes escrevam um relatório que contemple:

1. a viabilidade de se obter o robô com LDR ou com fototransistor. Nesse contexto, os impactos econômicos estão associados a escolha de um robô em detrimento do outro, no relatório, as explicações físicas serão utilizadas para defender cada tipo de tecnologia (LDR ou fototransistor) para cada tipo de aplicação e custo-benefício.
2. os impactos ambientais na manufatura e descarte envolvidos no ciclo de produção e consumo desses robôs
3. os impactos sociais. Mudança de comportamento devido ao uso de tecnologia, desemprego em massa devido a robotização, problemas relacionados a interações sociais etc.

Achamos importante pontuar que temos consciência que os vieses econômicos inseridos num trabalho sobre ciência podem até criar estranheza para alguns colegas professores de ciências, mas com base nos resultados obtidos no projeto que originou essa sequência didática, fica claro a necessidade de tornar esse viés, parte dos trabalhos. O dia a dia mostra que nossos alunos (e até nós mesmos) estão muito atentos a esse tipo de conteúdo e almejam compreender essas relações que há entre a tecnologia e como elas podem influenciar no seu modo de vida. Cada vez mais, profissões com apelo tecnológico vão surgindo e se mostrando extremamente rentável, e nossos jovens se interessam e muito por isso. Além disso, nas nossas experiências, os alunos se mostraram bastante críticos e interessados nesse modo mais “físico” de enxergar a realidade além da física convencional focada em ensinar conteúdos como “MRU” e “MRUV”.

Dadas as diretrizes, os alunos precisam agora, de tempo e espaço para escreverem seus relatórios, ao término dessa dinâmica o professor deverá abrir a discussão pedindo para que cada equipe leia e comente trechos do seu relatório. O professor pode organizar por perguntas, dessa forma, todas as equipes leem suas respectivas respostas à primeira pergunta, depois à segunda pergunta e terceira pergunta. Provavelmente com essa dinâmica será mais fácil o debate de ideias entre os alunos que, terão a oportunidade de opinar sobre as respostas dos colegas de turma. O objetivo desse momento se amarra perfeitamente com o último encontro quando a turma deverá se dividir por tema para poder finalizar o relatório. Esse encontro pode ser encerrado com o professor recolhendo os relatórios de cada equipe para poder avaliá-los e combinando com os alunos os objetivos previstos para o futuro encontro.

1.5 Atividade 05 - Conclusão parte II: A conclusão e revisão do relatório final.

Objetivos pedagógicos

- Pesquisar sobre demais tipos de sensores ópticos: (CCD, fotomultiplicador, contador Geiger etc.), propondo hipóteses de funcionamentos deles.
- Discussão sobre aplicações na sociedade
- Inteligência artificial
- Redação e questionários sobre os temas abordados

Desenvolvendo a atividade

1.5.1 Nono encontro

Tópicos do encontro: escrita do relatório (parte II): leitura das partes do relatório, discussões, críticas dos colegas, encerramento.

Conforme combinado no encontro anterior, esse último encontro será destinado a confeccionar o relatório final do grupo de pesquisa fictício formado pelos alunos da turma. O professor deverá dividir a turma em três equipes, para que cada uma escreva uma de três partes da versão final do relatório. Essas partes do relatório deverão ser construídas com base nas respostas para cada uma das três perguntas respondidas e discutidas anteriormente:

- 1) a viabilidade de se obter o robô com LDR ou com fototransistor. Nesse contexto, os impactos econômicos estão associados a escolha de um robô em detrimento do outro, no relatório, as explicações físicas serão utilizadas para defender cada tipo de tecnologia (LDR ou fototransistor) para cada tipo de aplicação e custo-benefício.
- 2) os impactos ambientais na manufatura e descarte envolvidos no ciclo de produção e consumo desses robôs
- 3) os impactos sociais. Mudança de comportamento devido ao uso de tecnologia, desemprego em massa devido a robotização, problemas relacionados a interações sociais etc.

A diferença é que agora, cada uma das equipes, fazendo o uso dos relatórios preliminares feitos pelos trios no encontro anterior, deverá responder sua respectiva pergunta sintetizando todas as respostas dos colegas. Ao fim, cada uma das três equipes devolverão um terço do relatório final, que juntos formam o relatório como um todo. Após terminar, cada equipe deverá ler o que escreveu, justificando suas colocações e escolhas de abordagem etc. Para encerrar essa atividade, o professor deverá pedir que todos os alunos façam individualmente a correção de cada uma das três partes do relatório (exceto a parte feita pela própria equipe), o professor deverá fazer cópias dos textos e distribuir aos alunos para que eles possam fazer suas considerações sobre os textos, executando assim um papel de revisor. Essa dinâmica fecha a sequência completando a proposição de que os alunos atuariam como cientistas pois, encerra os trabalhos com eles executando um processo de revisão, análogo ao processo de revisão por pares que é prática comum no meio acadêmico quando da publicação de trabalhos científicos.

Nessa ocasião, os alunos foram convidados a estudar, sob o ponto de vista de um grupo de pesquisa que ao fim emite um relatório, que pode em certas ocasiões virar um artigo, ou livro etc. e ser publicado e, nesse contexto, os alunos estão exercendo a função de revisar os próprios trabalhos. As pontuações deverão ser todas justificadas, e acessadas somente pelo professor que poderá assim, ter mais uma ferramenta de medida para o grau de compreensão dos alunos sobre as atividades desenvolvidas. Terminada a revisão, o professor deve recolher todo o material e encerrar a atividade.

Como parte dessa atividade, o professor deverá solicitar que os alunos respondam novamente o questionário da primeira atividade (ANEXO 01 – Questionário), só que agora com um maior embasamento sobre sensores. As respostas desse questionário, juntamente com as respostas obtidas no começo da sequência didática, é mais um material de análise para o professor. Essas análises são importantes em quaisquer ocasiões, seja num trabalho acadêmico ou no cotidiano docente, e é importante que estejamos sempre pensando e repensando nossas práticas pedagógicas, nossa didática. Retomar ideias podem nos levar para uma versão melhor de nós mesmos, no contexto profissional, pode nos levar para uma versão aprimorada dos bons professores que somos.

1.6 Atividade extra

Para os objetivos dessa sequência didática, as atividades que até o décimo encontro, compreende perfeitamente todas as expectativas, mas decidimos sugerir uma continuação que pode ser testada numa ocasião adequada ao professor que estiver fazendo o uso desse material

Tópicos do encontro: CCD, fotomultiplicador, contador Geiger etc.

A ideia é que o professor explore o fato de já ter encaminhado uma extensa investigação sobre a física que rege o funcionamento do LDR e fototransistor, e sugerir que eles busquem descobrir se existem mais sensores que funcionam sob a mesma teoria fundamental (o efeito fotoelétrico). A pergunta motivadora pode ser: “é possível aplicar o efeito fotoelétrico em outros tipos de sensores?”

Cada aluno deverá fazer o uso de um computador para realizar sua pesquisa, podendo se organizarem entre os integrantes de cada equipe, preenchendo com um breve resumo sobre cada dispositivo, no relatório das atividades. Após as pesquisas, deverá ser solicitado que cada equipe se reveze à frente da turma, explicando um a um, cada um dos sensores pesquisados. Essa atividade pode servir de avaliação diagnóstica à todas as atividades anteriores, além de propiciar aos alunos, uma oportunidade de transpor o conhecimento obtido em outros componentes eletrônicos semelhantes.

Na segunda etapa, o professor deverá propor aos alunos, o desafio de sugerir uma aplicação dessa tecnologia de sensores, inseridas ao cotidiano. A ideia é levar os alunos, novamente a transcender as discussões já realizadas anteriormente, refletindo um pouco mais sobre a robótica como um todo.

2. Considerações finais

Na aplicação da sequência didática investigativa que originou esse texto, obtivemos bons resultados que, permitiram a conclusão do nosso trabalho (dissertação de mestrado). Naquela ocasião buscávamos encontrar uma possível correlação entre os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron (2008); Penha, Carvalho e Viana em (2009) e as fases de investigação propostas por Pedaste (2015). Para além de conseguirmos atingir nossos objetivos acadêmicos, atingimos nossos objetivos também, enquanto professores. Percebemos que o potencial desse tipo de abordagem no comportamento dos alunos perante os desafios propostos a cada atividade. Manipular dispositivos (robôs, componentes eletrônicos, multímetros, simulações computacionais etc.) se mostrou nesse caso um grande atrativo e potencial agente motivador para a investigação de tópicos de física. Isso nos leva a crer que, dados os devidos ajustes, essa ideia poderia ser implementada também em outros contextos. Esse próprio robô poderia abrir margem para uma aula de cinemática por exemplo.

Acreditamos ser importante apontar nesse momento que, a manipulação de dispositivos tecnológicos pode as vezes apresentar desafios, uma vez que é possível que o docente não tenha tido uma formação especializada na área. Por isso, recomendamos a leitura atenta do manual de construção do robô disponível no anexo 02 desse documento, além de leituras relacionadas que se encontram em abundância na internet, bastando apenas pesquisar por palavras chaves como *robótica educacional*, *eletrônica básica*, *entre outros*. Recomendamos ainda, para uma introdução à eletrônica, o livro *Princípios de mecatrônica* (ROSÁRIO, 2005) e alguns canais do Youtube como **Manual do Mundo** que lançou uma sequência de vídeos intitulada “Curso Manual Maker¹²” e o canal **WR Kits** que tem uma lista de vídeos intitulada “Eletrônica básica¹³”.

Além disso, as referências presentes nos anexos 03 e 06 podem também ser consultadas para demais tópicos avançados de eletrônica. Em condições ideais, a comunidade escolar há de algum momento, cogita trazer esse tipo conhecimento e habilidade para compor as formações continuadas, destinadas justamente à professores.

¹² https://www.youtube.com/watch?v=5JxN3ELqo9I&list=PLazy-EygfHJFQt_25i2qrFWfFWMoIrnAD

¹³ https://www.youtube.com/watch?v=ayrJK4xDqGQ&list=PLZ8dBTV2_5HRu70xFi_P1ZOY9NAwUnZ9o

Grande parte dos ajustes que fizemos na sequência original, para confeccionar a apresentada aqui, devem-se a observação cuidadosa que tivemos em torno dos ganhos de aprendizagem que iam ocorrendo no processo. Por fim, temos agora, ainda mais sólida a certeza de que, o embasamento teórico é fundamental para o sucesso sistemático do nosso trabalho. No nosso caso, o **ensino por investigação** e a **alfabetização científica** nortearam nossa proposta, desde a confecção da sequência didática, até sua análise. Essa postura mitigou possíveis equívocos e erros no processo, facilitando a dinâmica frenética do ambiente de sala de aula.

Referências

ABD-EL-KHALICK, Fouad et al. Inquiry in science education: International perspectives. **Science education**, v. 88, n. 3, p. 397-419, 2004.

BARROW, Lloyd H. A brief history of inquiry: From Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.

CARMO, Alex Bellucco do. **A linguagem matemática em uma aula experimental de física**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARVALHO, AMP de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**, v. 2, p. 13-47, 2006.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos Collado; BAPTISTA, L. M. P. Metodologia de pesquisa. **Porto Alegre: Penso, pag**, p. 1-624, 2013.

OLSON, Steve; LOUCKS-HORSLEY, Susan. Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academies Press, 2000.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de mecânica**. Pearson Educación, 2005.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de física. **CARVALHO, AMP et al. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning**, p. 1-27, 2010.

SASSERON, Lúcia Helena et al. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning**, p. 41-62, 2013.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

VITOR, Fernanda Cavalcanti; SILVA, Ana Paula Bispo da. Alfabetização e educação científicas: consensos e controvérsias. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 98, n. 249, p. 410-427, 2017.

ANEXOS

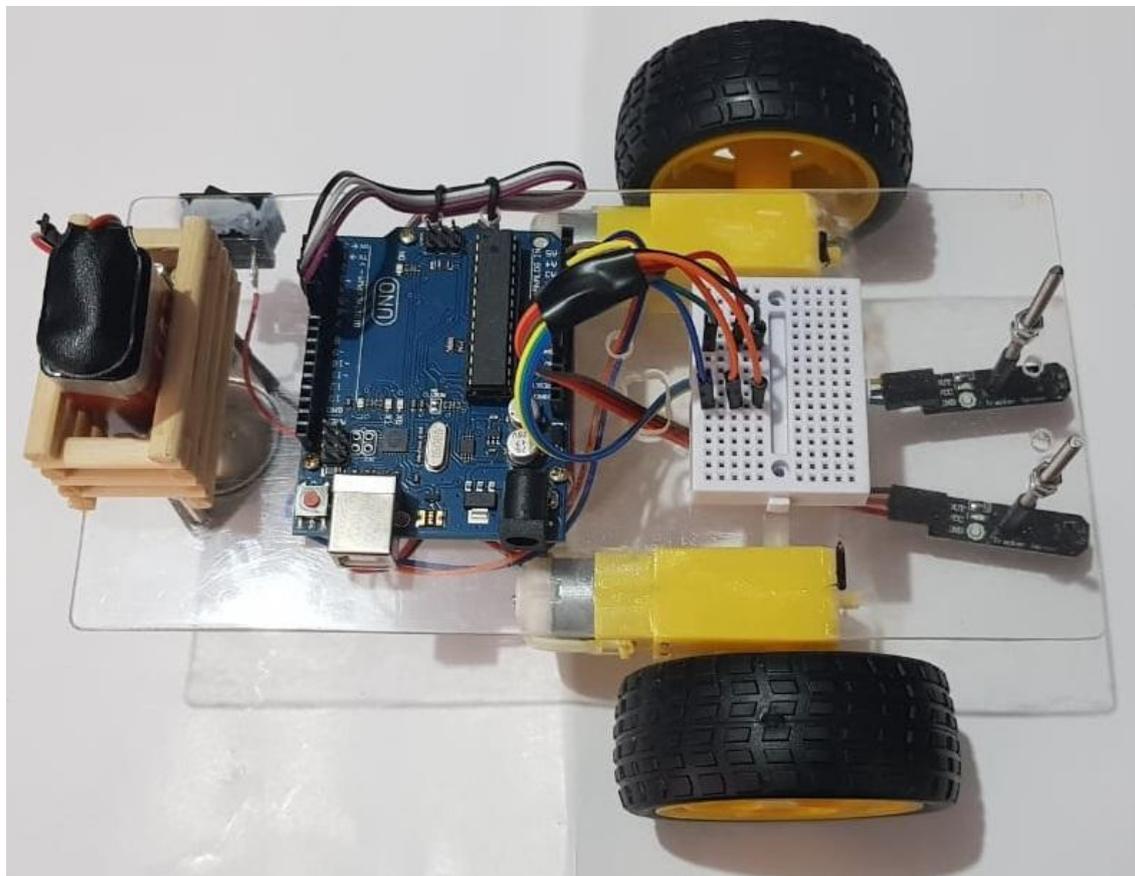
A seguir, os anexos mencionados nesse documento e que são materiais essenciais para a implementação dessa sequência didática investigativa.

ANEXO 01 – Questionário

1. Como a luz da rua acende ao anoitecer e apaga ao amanhecer?
2. Como a caixa de água enche sem transbordar no dia a dia?
3. Como o sensor de marcha ré dos veículos funcionam?
4. Você utiliza algum tipo de equipamento ou dispositivo que liga/desliga automaticamente? Cite exemplos.
5. Explique o método de funcionamento dos equipamentos e/ou dispositivos citados na questão anterior.

ANEXO 02 – FAZENDO UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA COM ARDUINO PASSO A PASSO¹⁴

Figura 2.1 - Robô seguidor de linha.



¹⁴ Manual adaptado do link <https://luistavares.com/2018/09/criando-um-robo-seguidor-de-linha-com-arduino-passo-a-passo/>

1.7 Componentes

Nesse tópico trazemos o um tutorial que mostra os passos para montagem de um robô seguidor de linha usando a tecnologia Arduino. Esse tutorial está disponível no site LUIS ANTÔNIO TAVARES Computação e Educação.

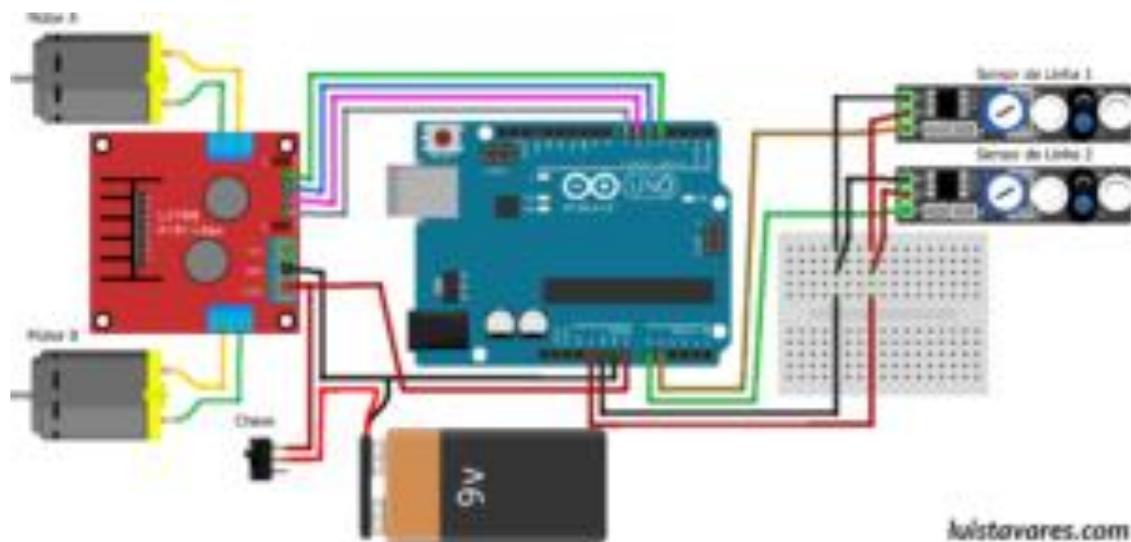
Para criação do robô são necessários os seguintes materiais

- 1 placa Arduino UNO
- 1 driver para motor L298N
- 1 placa de acrílico retangular de $20cm \times 10cm$ (poderia ser de madeira leve, mdf, mdp, etc)
- 2 motores DC com caixa de redução e suas respectivas rodas
- 1 roda boba ou 1 roda omnidirecional
- 1 conector de bateria 9V
- 1 bateria 9V alcalina ou recarregável com boa corrente (mín. $320mAh$)
- jumpers de conexão
- 2 sensores de linha TCRT5000 ou similar
- 1 mini protoboard
- palitos de sorvete ou hashi
- 2 parafusos M3 x $4cm$ com 3 porcas para cada parafuso
- 2 parafusos M3 x $5cm$ com 2 porcas para cada parafuso
- 6 (ou mais) parafusos M3 (ou M2) x $1,5cm$ com porca
- 1 ferro de solda
- 2 Sensores tipo LDR 3mm
- 2 Resistores $\frac{1}{4}$ W 3k Oms

1.8 Esquema eletrônico

Para a montagem do robô utilizaremos o esquema eletrônico abaixo. Consulte-o sempre que surgir alguma dúvida quanto às ligações eletrônicas.

Figura 2.2 - Esquema eletrônico do robô seguidor de linha.



1.8.1 Primeiro passo

Figura 2.3 - Motores fixados na placa de acrílico.



O primeiro passo é soldar (ou emendar) dois fios (ou jumpers) nos terminais dos motores DC (motor acoplado em caixa de redução) e fixar o motor na placa de acrílico. A fixação dos motores na placa pode ser feita através de cola (tipo *super bonder*). Ao fixar os motores, foi respeitada uma distância de aproximadamente 5cm da caixa de

redução (em amarelo) até uma das extremidades da placa de acrílico. Também procurou-se deixar os terminais dos motores voltados para a parte interna.

1.8.2 Segundo passo

Uma vez fixos os motores, agora é só acoplar as rodas. Esses motores e rodas costumam ser vendidos em conjunto. Veja as imagens abaixo que mostram a finalização do passo 2:

Figura 2.5 - Rodas acopladas nos motores.

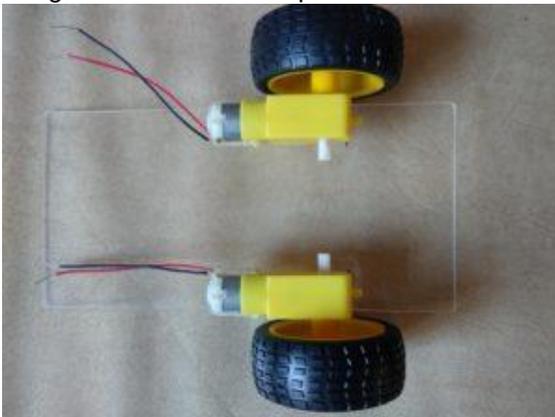


Figura 2.5 - Rodas acopladas nos motores.



1.8.3 Terceiro passo

Figura 2.7 - Roda boba à esquerda e roda omnidirecional à direita.



O passo 3 consiste na fixação de uma roda boba ou roda omnidirecional no que será a parte traseira do robô. Abaixo você pode ver como é a aparência dessas rodas embora existam variações. A

fixação da roda deve ser feita de maneira que a placa de acrílico fique à mesma altura do chão em ambas as extremidades do robô. Para você atingir esse objetivo, você pode utilizar parafusos, espaçadores ou fazer uma pequena estrutura de palitos como calço para a roda. Se sua opção for por usar parafusos ou espaçadores, uma maneira precisa de fazer furos no acrílico é utilizar a ponta de um ferro de solda, conforme mostra a imagem abaixo:

Figura 2.6 - Furando o acrílico com o ferro de solda.



Nesta montagem, usei parafusos M3 para fazer a fixação de uma roda omnidirecional. Veja nas imagens abaixo a conclusão desta etapa e um exemplo de uso de palitos como calço para fixação de uma roda boba (uma alternativa):

Figura 2.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.

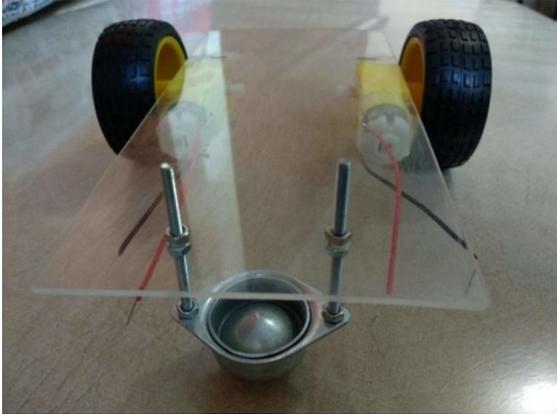


Figura 2.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.

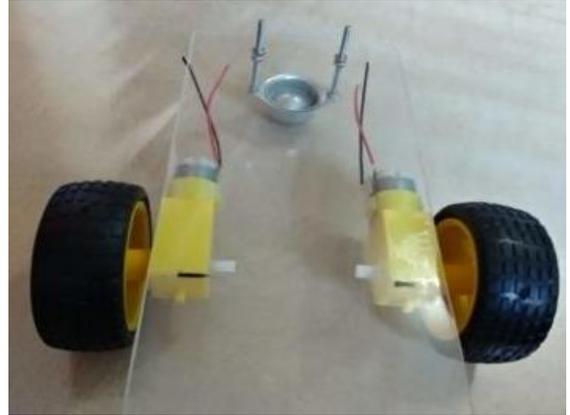


Figura 2.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.

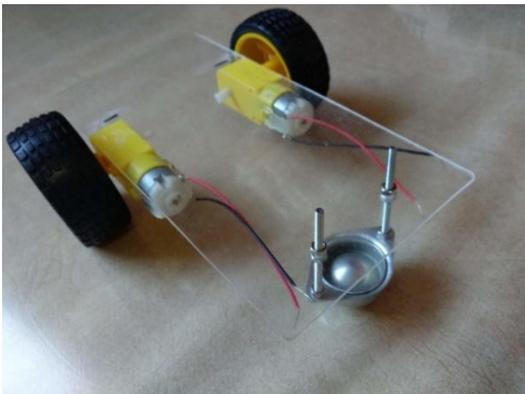


Figura 2.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.

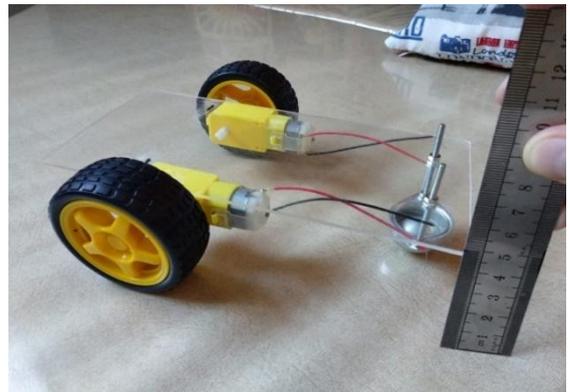
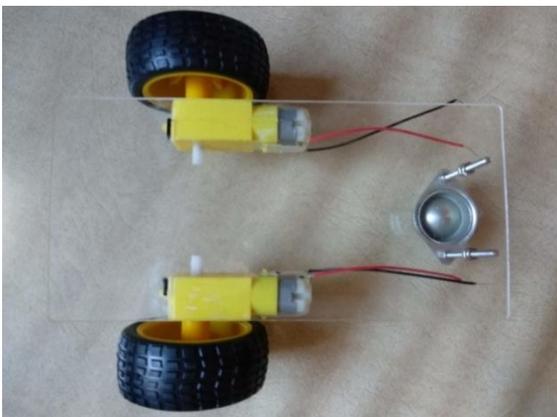


Figura 2.13 - Usando parafusos para espaçar roda omni.

Figura 2.13 - Exemplo usando roda boba e palitos.



1.8.4 Quarto passo

No passo 4 faremos a montagem de um suporte para bateria 9V usando alguns palitos (sorvete e hashi). Não costumo ter um padrão para este suporte. Neste caso irei aproveitar as sobras do parafuso da roda como parte da estrutura para o suporte. O importante é que a bateria tenha um local no qual ela fique presa. Se você quiser optar por algo mais fácil, poderá simplesmente colar a bateria com fita adesiva.

Figura 2.14 - Suporte para bateria construído com palito.

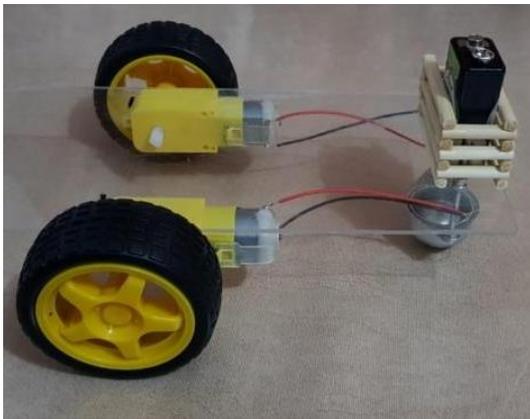


Figura 2.15 - Suporte para bateria construído com palito.

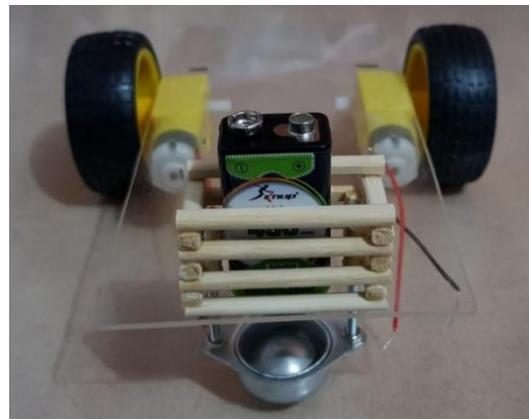


Figura 2.16 - Outra versão para o suporte.



1.8.5 Quinto passo

Neste passo farei a fixação da placa Arduino e da placa do driver L298N no acrílico. Para isto, realizarei pequenas furações no acrílico usando o ferro de solda e usarei parafusos M3 (ou M2) por 1,5cm para fixar ambas as placas. Farei a fixação de forma que a placa do driver L298N fique sob o acrílico (embaixo) e a placa Arduino fique fixada acima do acrílico. Desta forma aproveitando melhor o espaço.

Primeiramente eu posiciono as placas de modo a calcular seu posicionamento, conforme ilustra as imagens abaixo:

Figura 2.20 - Posicionando placa Arduino para fixação.

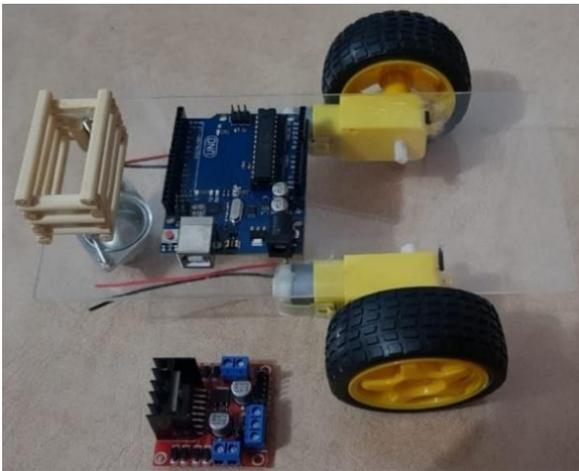


Figura 2.20 - Posicionando placa L298N para fixação.



Figura 2.20 - Posicionando placa Arduino para fixação.

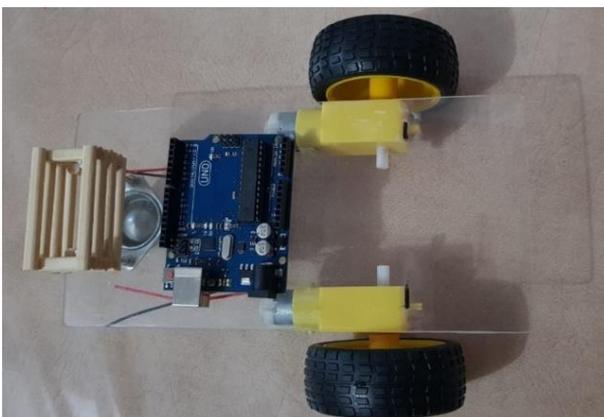
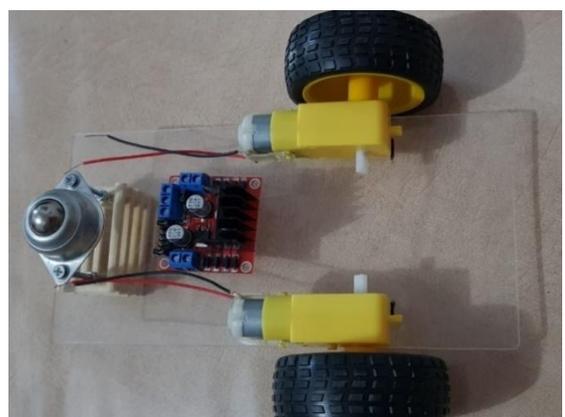
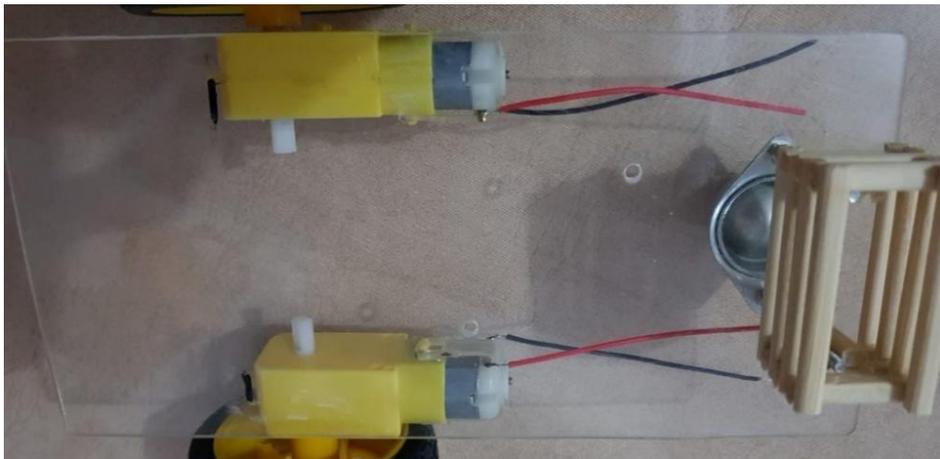


Figura 2.20 - Posicionando placa L298N para fixação.



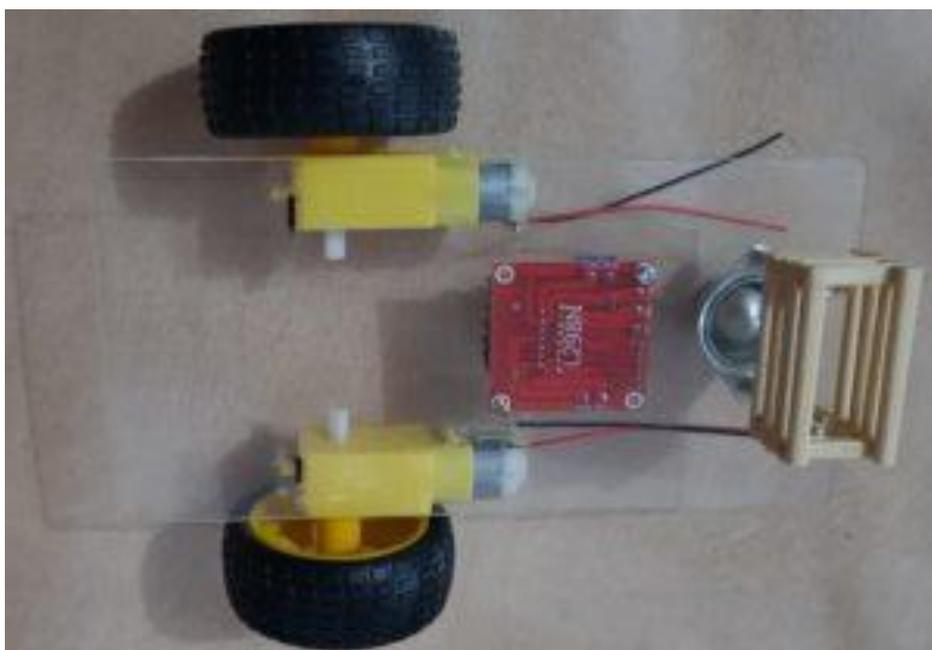
A placa do driver ficará logo abaixo da placa Arduino. Eu sugiro que ela esteja centralizada, próximo aos motores, confira as posições sugeridas nas imagens anteriores. Uma vez calculadas as posições, eu faço algumas furações no acrílico usando a ponta de um ferro de solda para possibilitar a fixação das placas através de parafusos, conforme ilustra a imagem abaixo:

Figura 2.21 - Furando o acrílico para fixar placas.



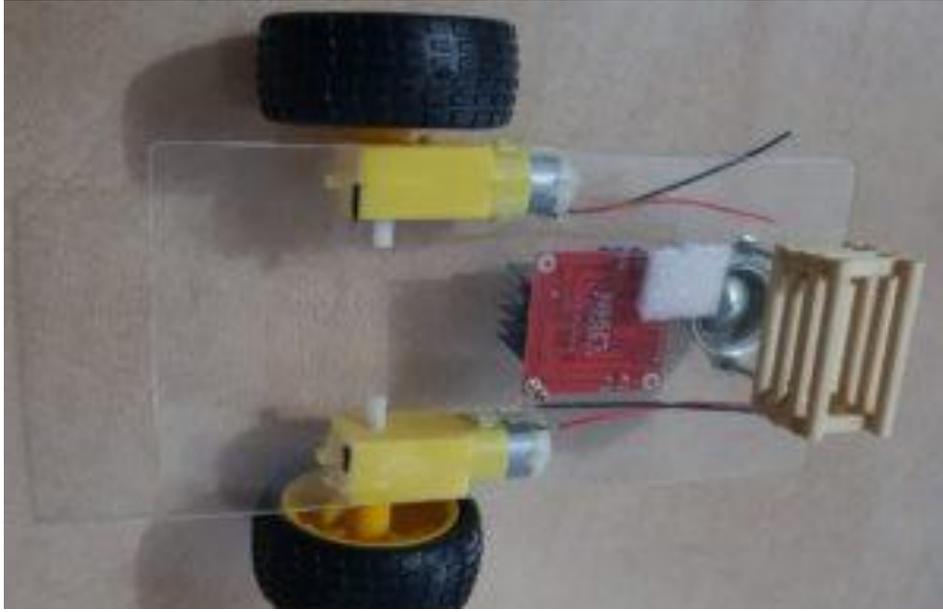
Então, eu fixo primeiramente a placa do driver L298N, conforme ilustra a figura abaixo:

Figura 2.22 - Fixando o driver L298N.



Na sequência, eu uso um pequeno isolante para evitar o contato da cabeça de um dos parafusos que prendem o driver com a placa Arduino que será fixada acima. Este tipo de cuidado é importante para evitar curtos-circuitos na placa. Veja a próxima figura:

Figura 2.23 - Isolando parafuso.



A seguir, faço a fixação das placas Arduino e driver L298N, conforme mostra a sequência de imagens a seguir:

Figura 2.27 - Fixando placa Arduino - parte superior.

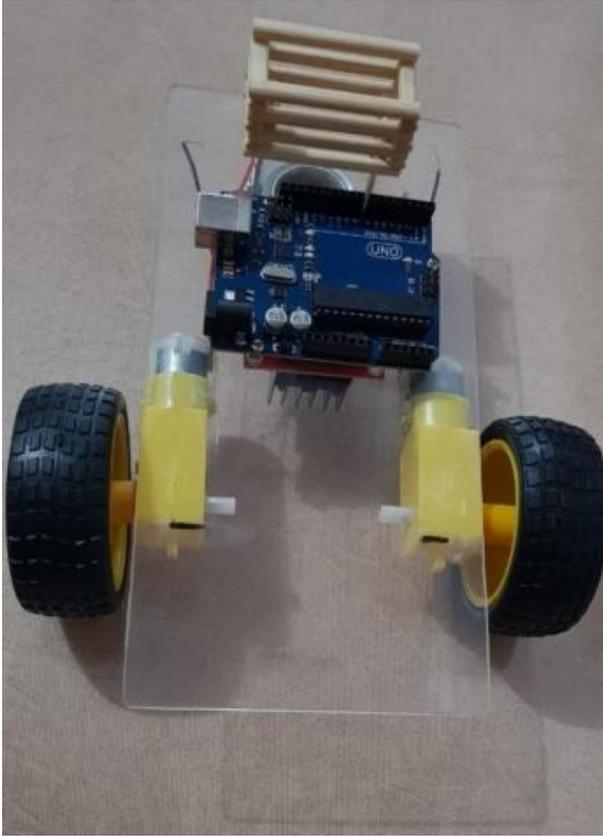


Figura 2.27 - Fixando placa Arduino - parte superior.

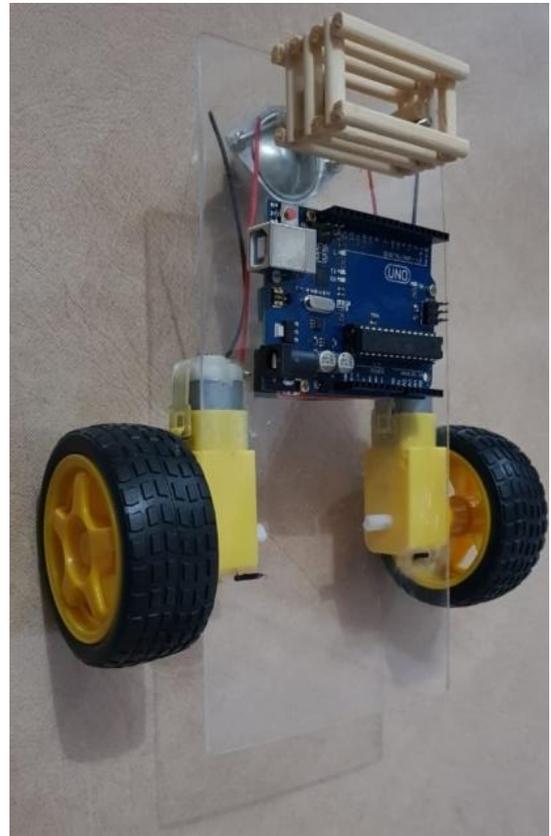
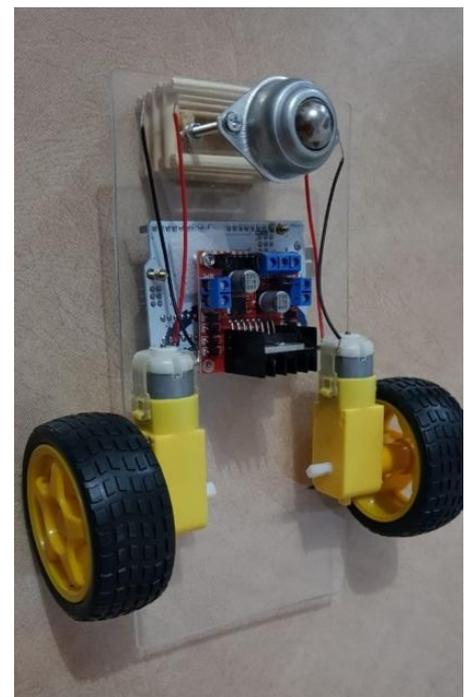


Figura 2.27 - Fixando placa driver L298N - parte inferior.



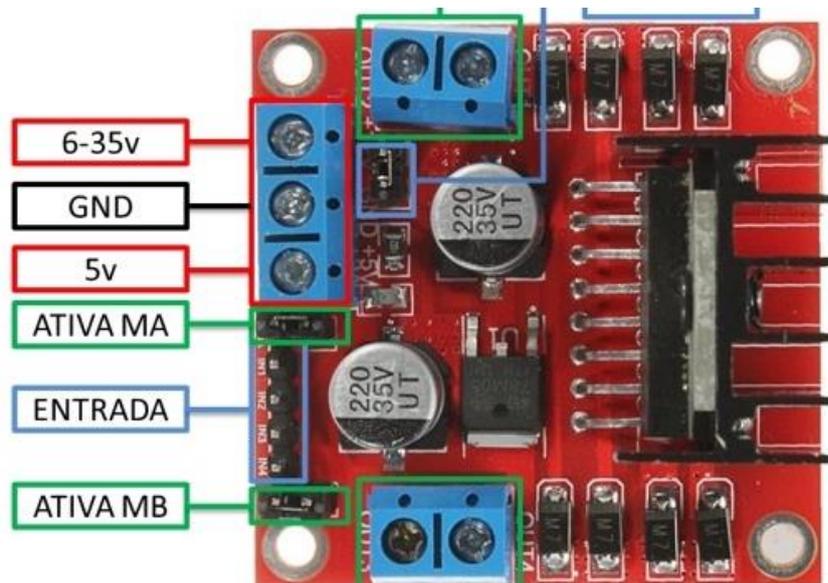
Figura 2.27 - Fixando placa driver



1.8.6 Sexto passo

Neste passo conectaremos os terminais dos motores ao driver L298N através dos fios já soltados ou presos nos motores (passo 1). Na imagem abaixo podemos identificar os terminais motor A e motor B da placa do driver:

Figura 2.28 - Driver L298N.



Considerando os terminais do **motor A**, conectaremos em sua primeira entrada o terminal do motor mais próximo do acrílico e na segunda entrada conectaremos o terminal do motor que fica mais distante do acrílico. Considerando os terminais do **motor B**, conectaremos em sua primeira entrada o terminal do motor que fica mais distante do acrílico e na segunda entrada conectaremos o terminal do motor mais próximo do acrílico. As imagens abaixo ilustram a conclusão desta etapa:

Figura 2.30 - Conectando terminais do motor ao driver.

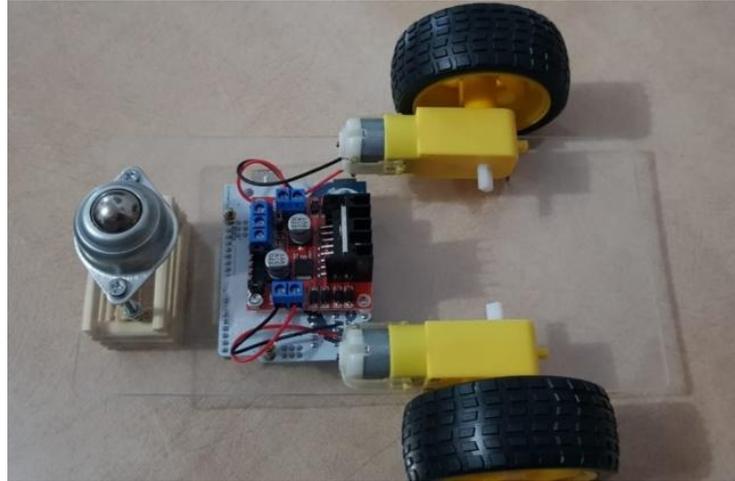
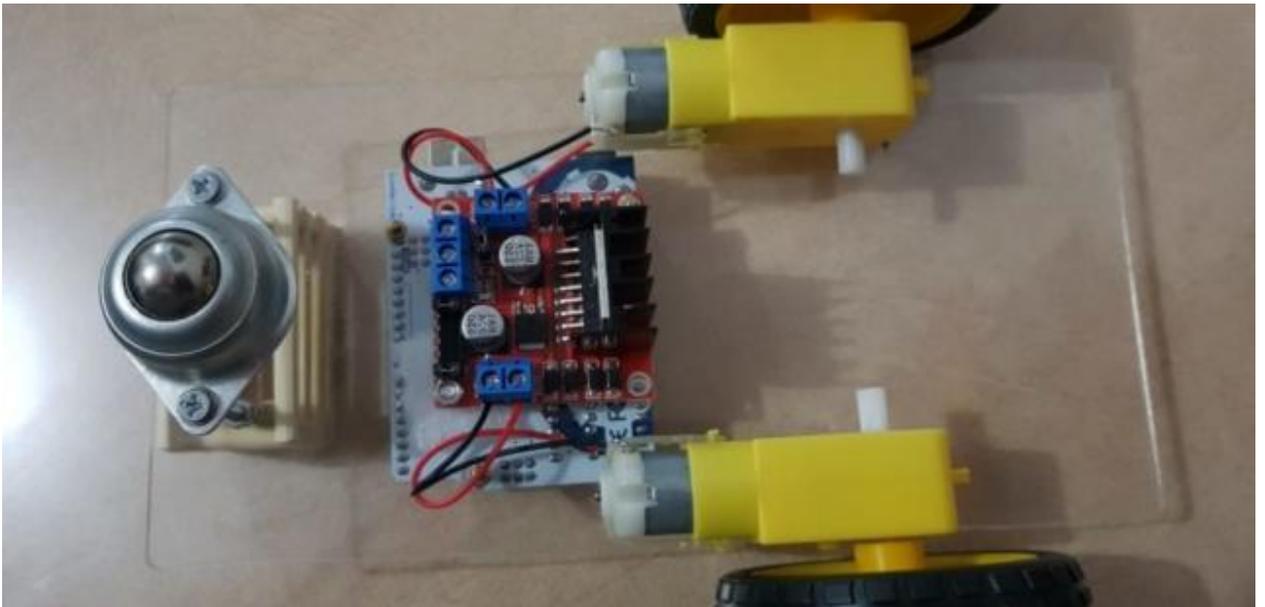


Figura 2.29 - Conectando terminais do motor ao driver.



1.8.7 Sexto passo

Nesta etapa fiz a fixação de um interruptor na lateral do acrílico usando cola. Fixei de modo que o interruptor ficou sob o acrílico. Veja nas imagens abaixo:

Figura 2.32 - Colando interruptor sob o acrílico.

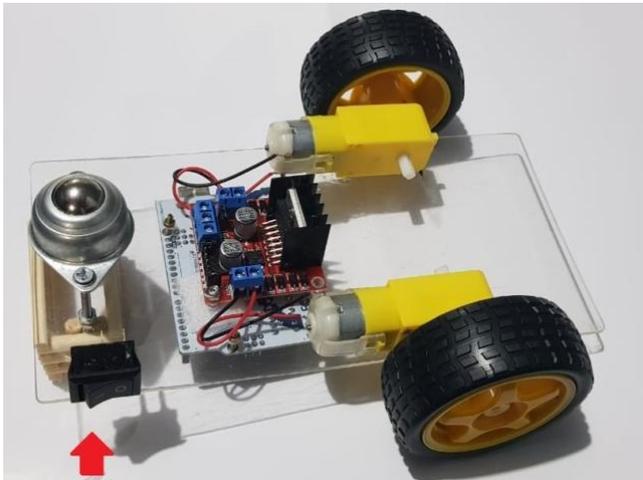


Figura 2.31 - Colando interruptor sob o acrílico.

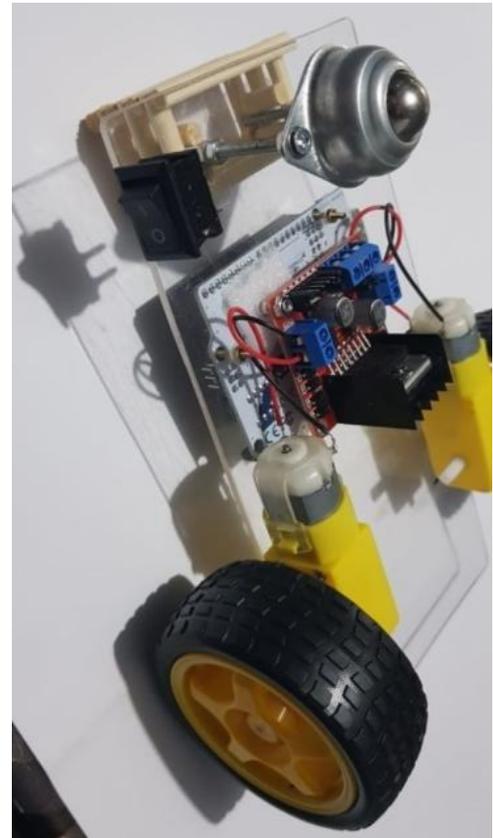
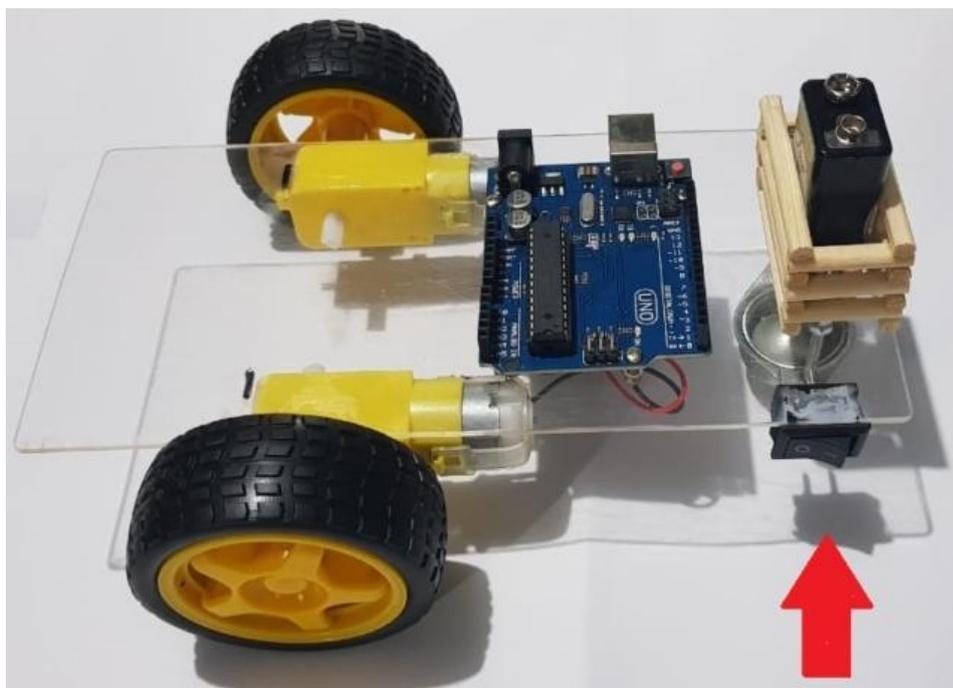


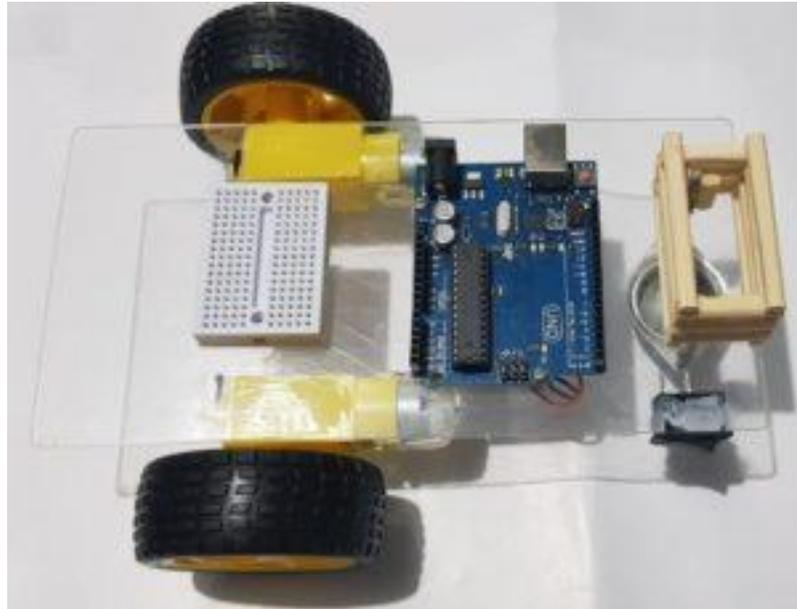
Figura 2.33 - Fixação da protoboard.



1.8.8 Oitavo passo

Neste passo eu fiz a fixação de uma mini protoboard posicionada na parte superior do acrílico, centralizada entre os motos. Veja a imagem:

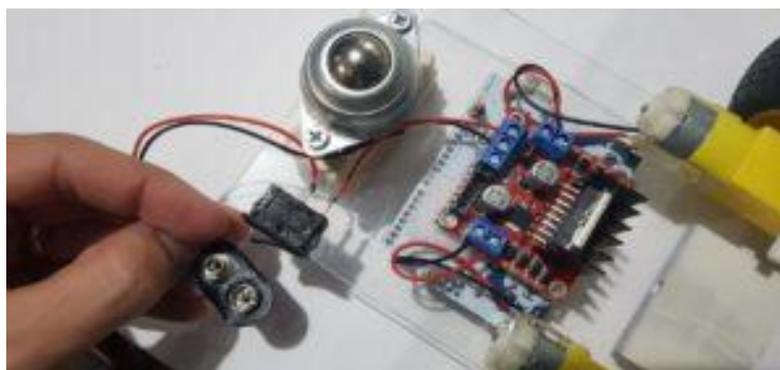
Figura 2.34 - Fixação da protoboard



1.8.9 Nono passo

Nesta etapa conectaremos um conector de bateria de 9V ao interruptor e à alimentação da placa driver L298N. O conector de bateria 9V tem dois fios: vermelho para positivo e preto para negativo. O fio preto (negativo) será conectado diretamente ao GND do driver (veja esquema no passo 6). Já o fio vermelho (positivo) será conectado ao interruptor, e o segundo terminal do interruptor será conectado ao pino 6-35V do driver (veja esquema no passo 6). Qualquer dúvida sobre as conexões, consulte o esquema apresentado no início deste tutorial. Abaixo, veja uma ilustração desta conexão:

Figura 2.35 - Conexões para alimentação do driver.



1.8.10 Décimo passo

Dos mesmos pinos do driver (pino 6-35V e pino GND) devemos usar jumpers para ligar alimentação da placa Arduino Uno, que se encontra no lado oposto do acrílico. Desta forma, primeiramente farei um furo no acrílico (entre a protoboard e a placa Arduino) e depois usarei dois jumpers para conectar o GND do driver ao GND do Arduino e o pino 6-35V do driver ao Vin do Arduino. Veja nas imagens abaixo, o resultado dessas conexões:

Figura 2.37 - Conectando a alimentação do driver à alimentação do Arduino.

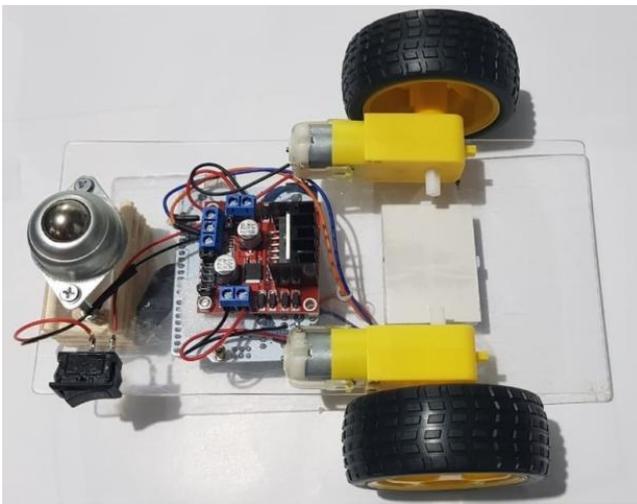


Figura 2.36 - Conectando a alimentação do driver à alimentação do Arduino.

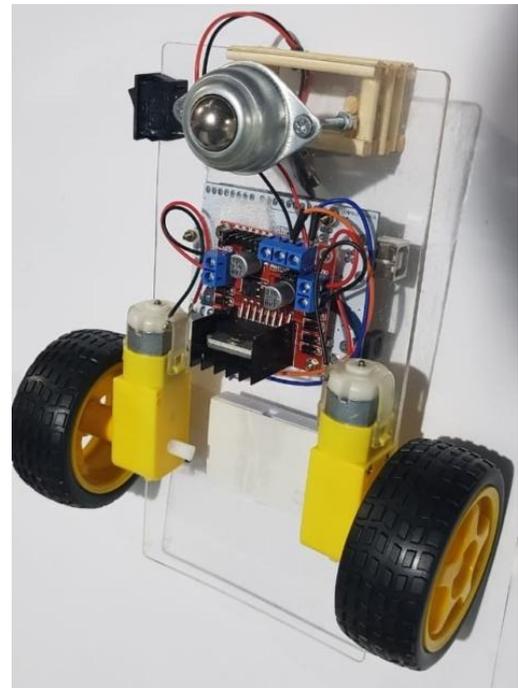
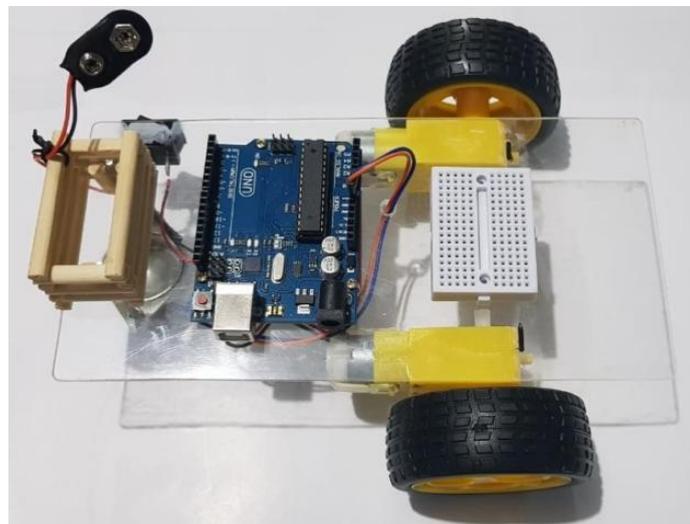


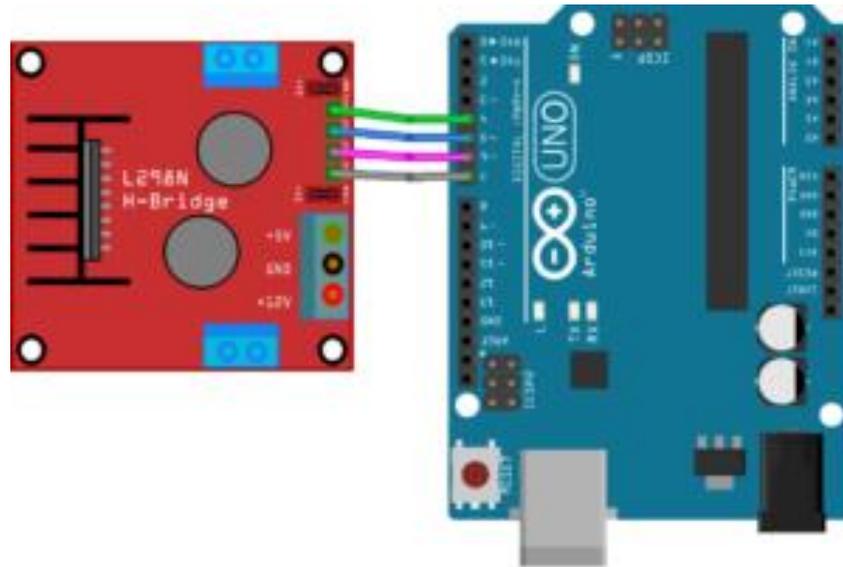
Figura 2.38 - Conectando a alimentação do driver à alimentação do Arduino.



1.8.11 Décimo primeiro passo

Agora finalizaremos a parte dos motores, conectando 4 pinos do Arduino aos pinos de entrada do driver L298N. Conectaremos o pino 7 do Arduino na entrada IN1, o pino 6 na IN2, pino 5 na IN3 e pino 4 na IN4. A imagem a abaixo mostra o esquema de ligações a serem realizadas:

Figura 2.39 - Conectando os pinos de controle dos motores.



Os terminais do driver IN1 e IN2 controlam o motor A, os terminais IN3 e IN4 controlam o motor B. Para essa ligação é indicado o uso de jumpers macho-fêmea. Veja abaixo a finalização desta etapa:

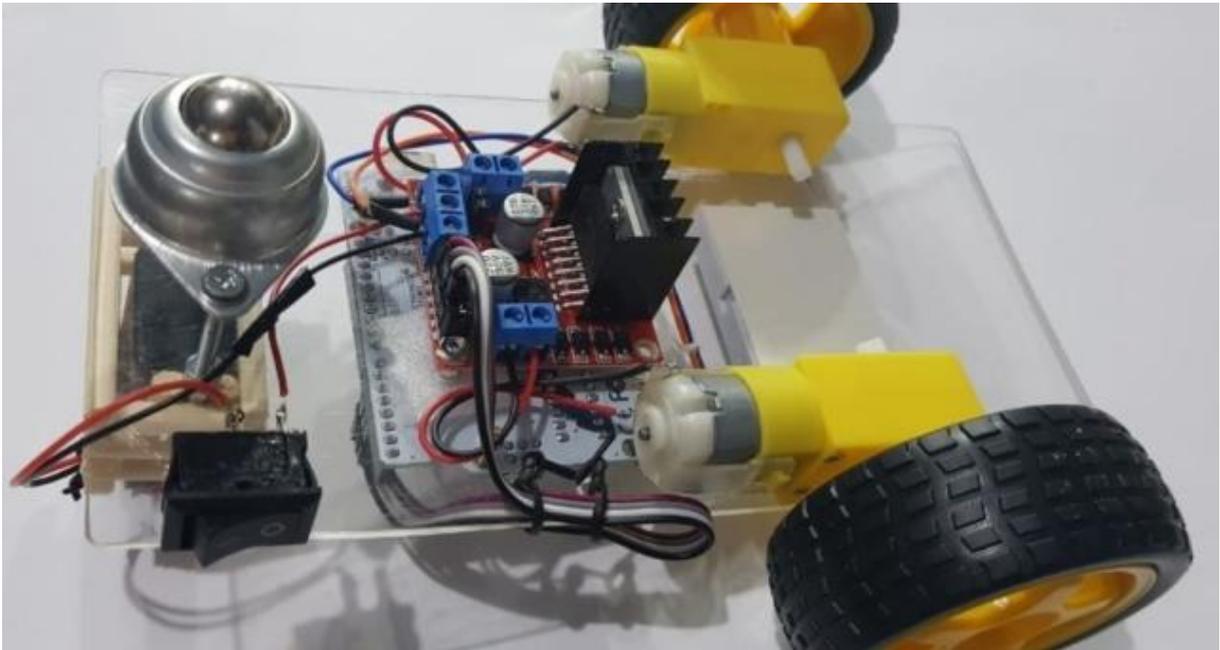
Figura 2.40 - Conectando pinos de controle do motor.



Figura 2.42 - Conectando pinos de controle do motor.



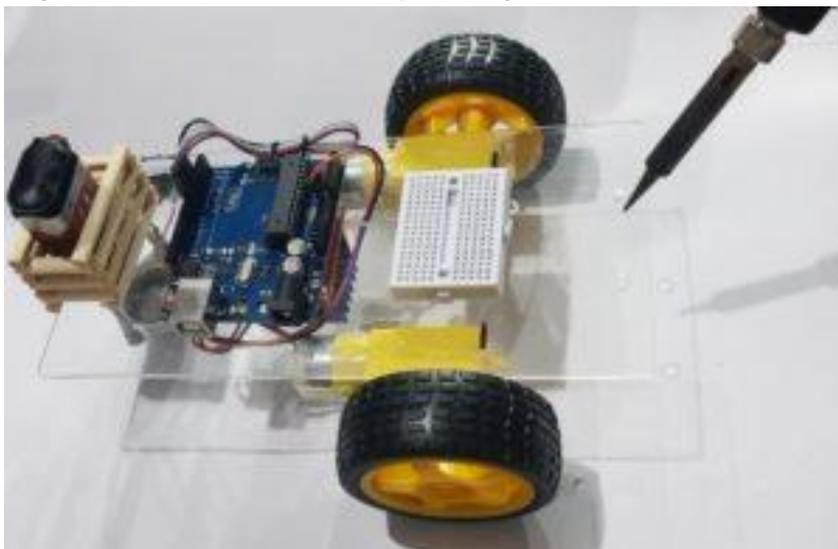
Figura 2.41 - Conectando pinos de controle do motor.



1.8.12 Décimo segundo passo

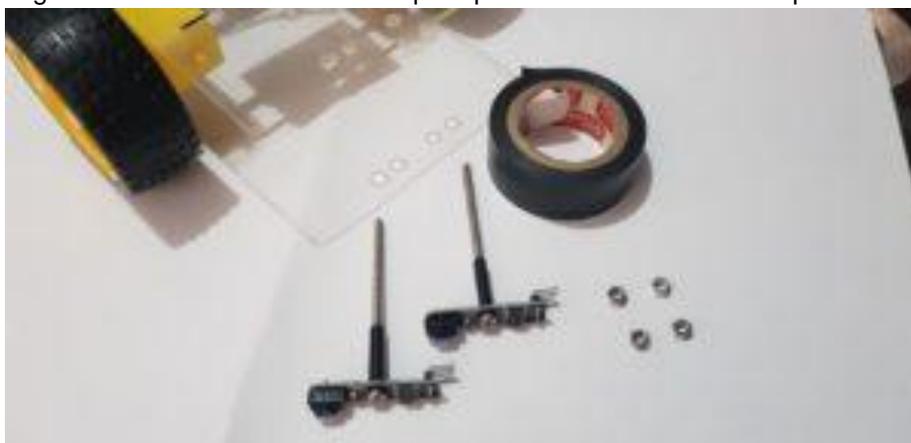
Estamos quase lá. Agora faremos a fixação dos sensores. Para fixação dos sensores, é necessário fazer duas perfurações na parte da frente do acrílico, sugiro uma distância de aproximadamente $3,5\text{cm}$ entre os dois furos. Abaixo mostro as furações que fiz utilizando ferro de solda:

Figura 2.43 - Criando dois furos para fixação dos sensores de linha.



Depois disso, utilizo 2 parafusos M3 com 4 cm de comprimento para fixar os sensores de linha. Uso fita isolante para prender os sensores no parafuso M3. Veja na imagem:

Figura 2.44 - Usando fita isolante para posicionar os sensores no parafuso.



A seguir, utilizo 2 porcas em cada parafuso para prender os parafusos no acrílico. O resultado pode ser visto nas imagens abaixo:

Figura 2.45 - Parafusando os sensores no acrílico.

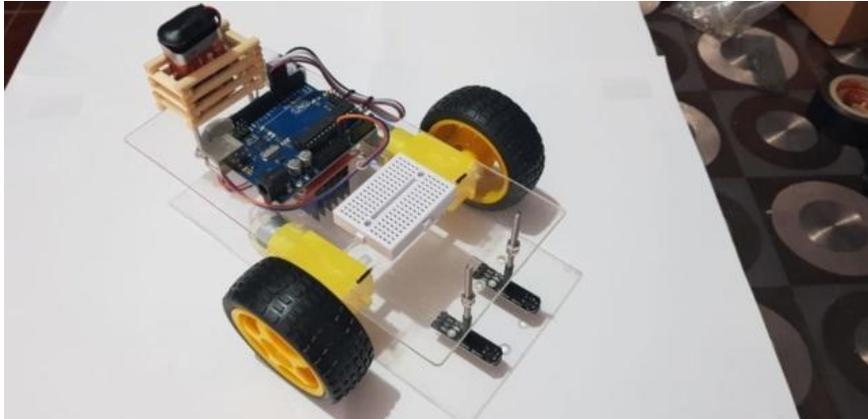
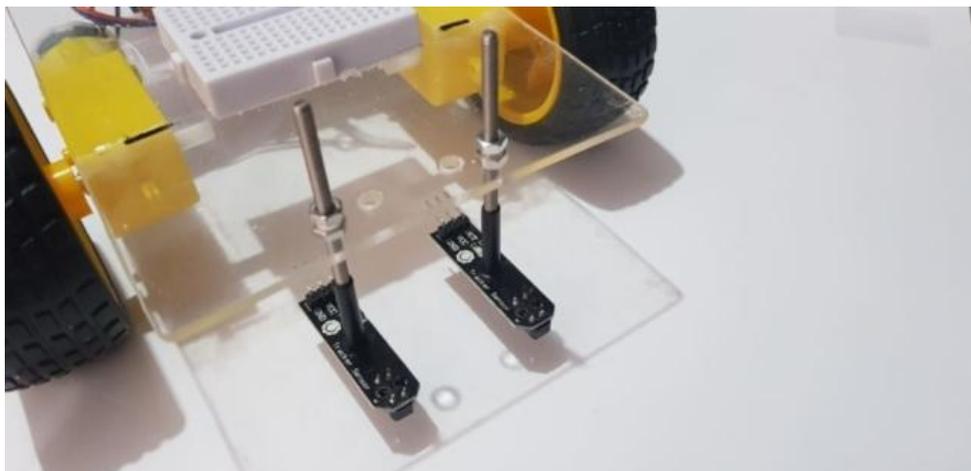


Figura 2.46 - Parafusando os sensores no acrílico.



Após isso eu ainda faço uma nova furação no acrílico, entre a placa Arduino e a protoboard para passar as conexões dos sensores. Esta nova furação é mais ampla devido a quantidade de jumpers, veja na imagem:

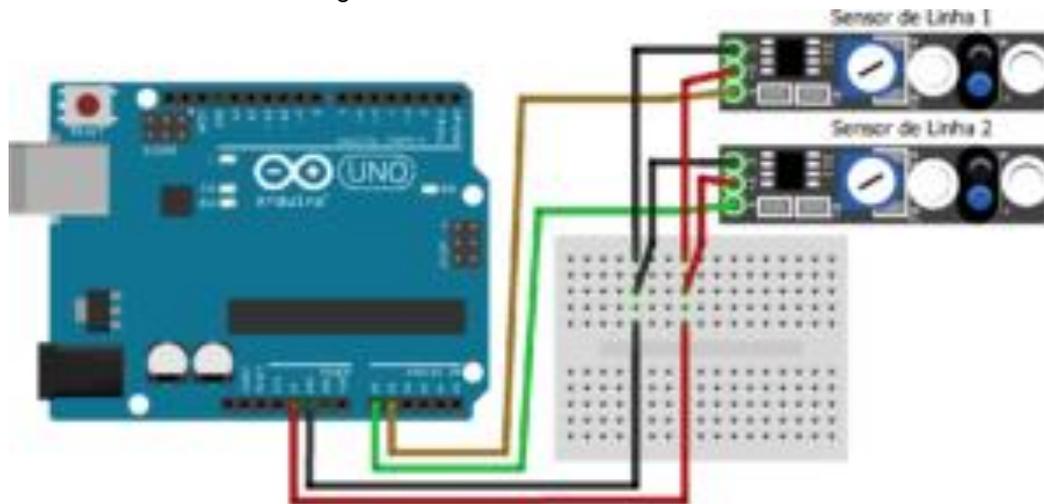
Figura 2.47 - Espaço furado para passar jumpers.



1.8.13 Décimo terceiro passo

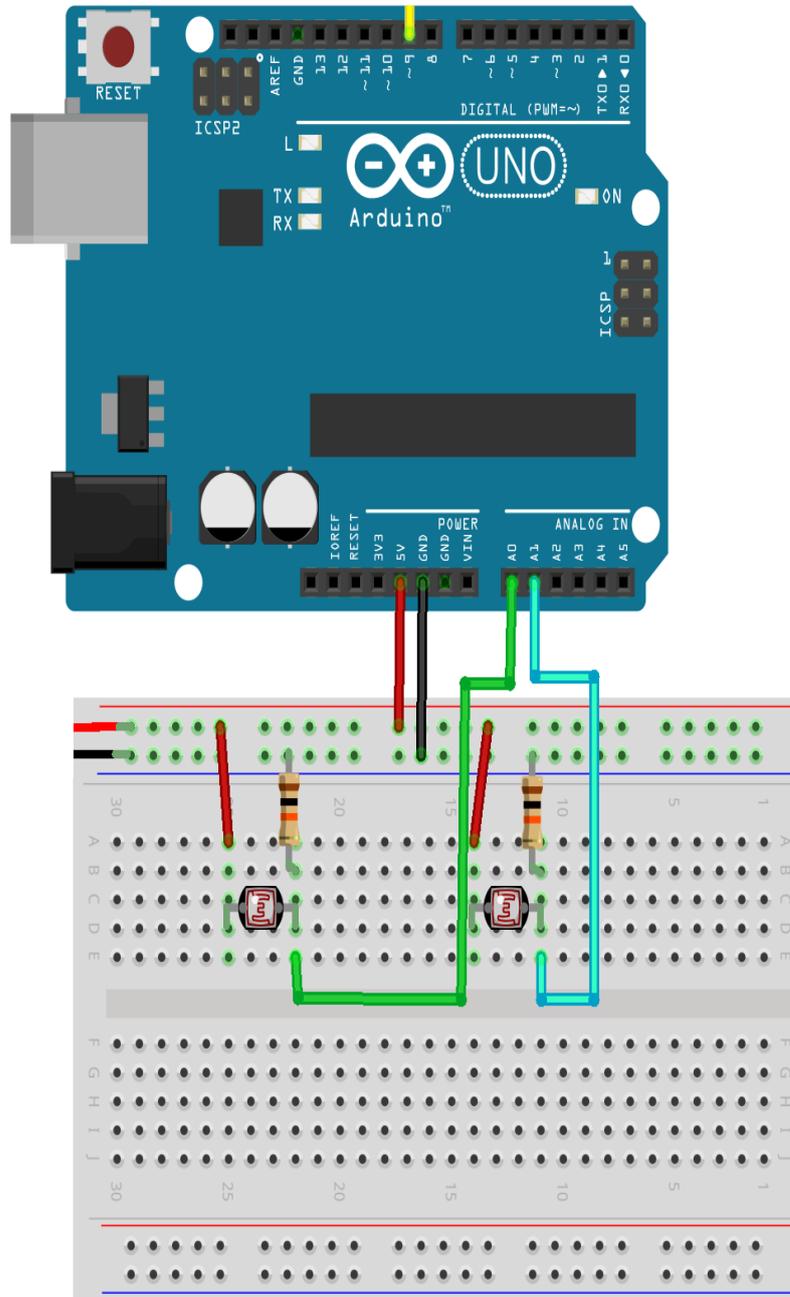
Nesta etapa finalizamos nossa montagem. Para isso precisamos conectar os pinos GND dos sensores ao GND do Arduino, os pinos VCC dos sensores ao pino 5V do Arduino e os pinos de sinal dos sensores nas entradas A0 e A1 do Arduino. Para isso será necessário também usar a protoboard. As ligações eletrônicas realizadas nesta etapa são ilustradas pela imagem abaixo:

Figura 2.48 - Conectando os sensores.



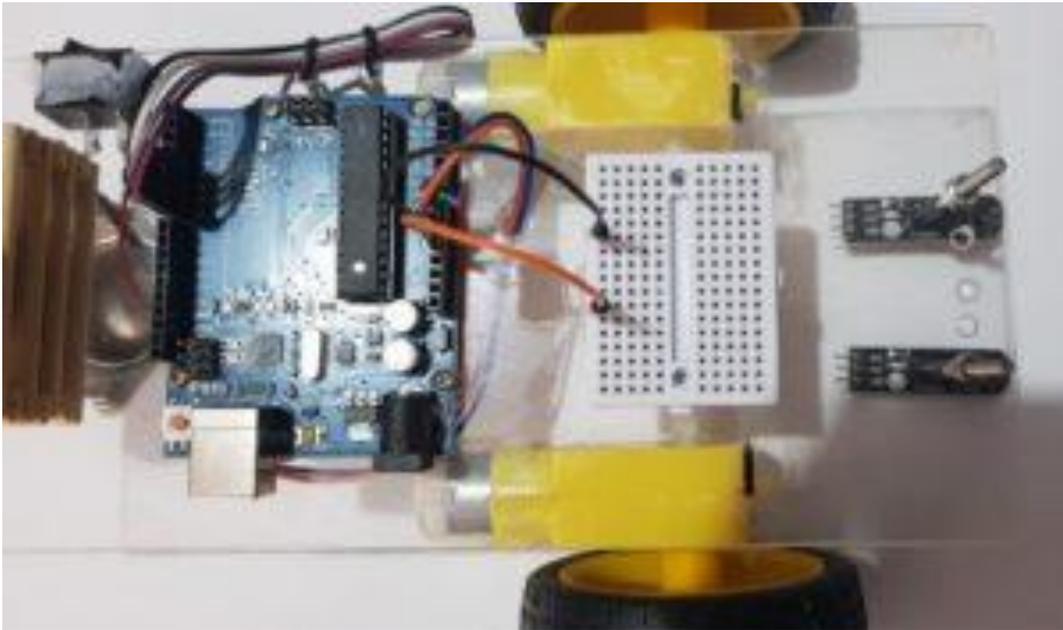
Devemos montar outro carrinho usando sensores diferentes, no caso, LDR. Para isto, conectamos os sensores conforme a figura abaixo. Note que devemos desconectar os sensores antigos (foto transistores). Os pinos dos sensores devem ser conectados nas entradas A0 e A1 do Arduino. O resto das ligações com os motores seguem da mesma forma.

Figura 2.49 - Conectando sensores.



Primeiramente eu conecto o pino 5V e o pino GND do Arduino em duas colunas distintas da protoboard. Conforme imagem abaixo:

Figura 2.50 - 5V e GND do Arduino conectados na protoboard.



Então conectamos o pino de sinal do sensor da esquerda ao pino A0 do Arduino e o pino de sinal do sensor da direita ao pino A1 do Arduino. Também conectamos os terminais GND dos sensores na coluna da protoboard a qual conectamos o GND do Arduino. Depois conectamos os terminais VCC dos sensores na coluna da protoboard a qual conectamos o terminal 5V do Arduino. Veja o resultado dessa etapa nas imagens abaixo:

Figura 2.52 - Conectando os sensores.

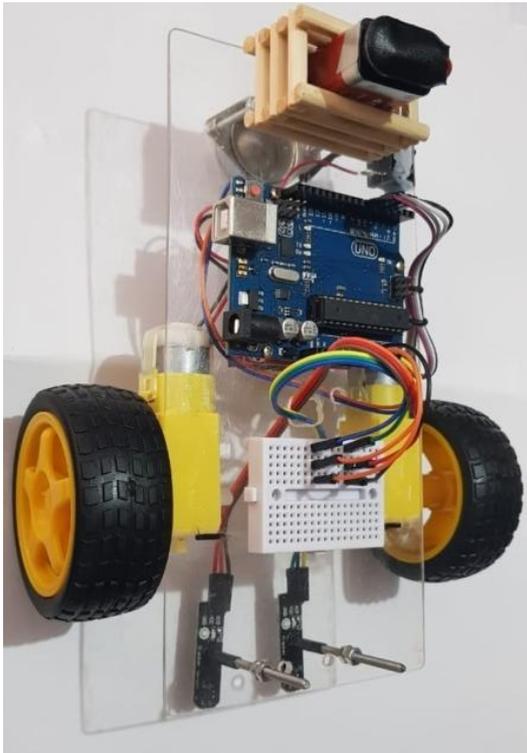
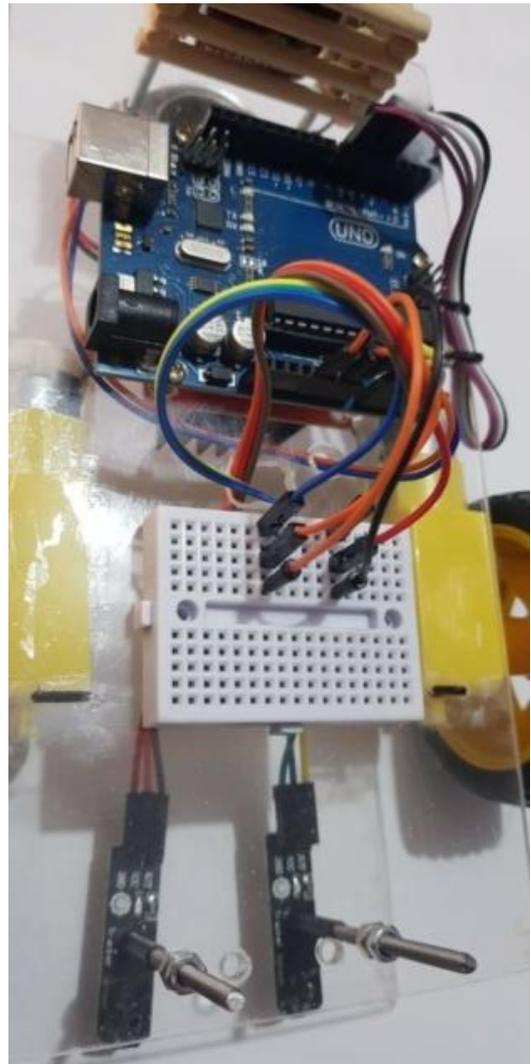


Figura 2.51 - Conectando os sensores.



1.8.14 Décimo quarto passo

Conecte o cabo USB à placa Arduino ao computador, então use o editor do Arduino para transmitir o código abaixo:

```
byte maxi[3] = {0, 0, 0};
byte mini[3] = {255, 255, 255};
byte sens[3] = {0, 0, 0};
boolean fora_linha = false;
byte direcao = 0;

int derivativo, ul_pro, power_difference;

void setup() {
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);

  delay(2000);
  calibracao();
}

void loop() {

  int erro = scan_line();
  derivativo = erro - ul_pro;
  ul_pro = erro;

  if(!fora_linha){
    power_difference = (erro);
    power_difference = map(power_difference, -100, 100, 0, 126);
    direcao = power_difference;

    analogWrite(7, 126 + power_difference);
    analogWrite(8, 126 - power_difference);
  }
  else{
    analogWrite(7, 126 + direcao);
    analogWrite(8, 126 - direcao);
  }
  delay(1);
}

int scan_line(){
  int erro = 0;
  sens[0] = (byte)map(analogRead(1)/4, mini[0], maxi[0], 0, 100);
  sens[1] = (byte)map(analogRead(2)/4, mini[1], maxi[1], 0, 100);
  sens[2] = (byte)map(analogRead(3)/4, mini[2], maxi[2], 0, 100);

  erro = (sens[0] - sens[2]);

  if( (sens[0] < 20) && (sens[1] < 20) && (sens[2] < 20) ){
    fora_linha = true;
  }
  else{
    fora_linha = false;
  }
  return(erro);
}

void calibracao(){
```

```

digitalWrite(4, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(4, LOW);
for(int i = 0; i < 100; i++){
  sens[0] = analogRead(1)/4;
  sens[1] = analogRead(2)/4;
  sens[2] = analogRead(3)/4;

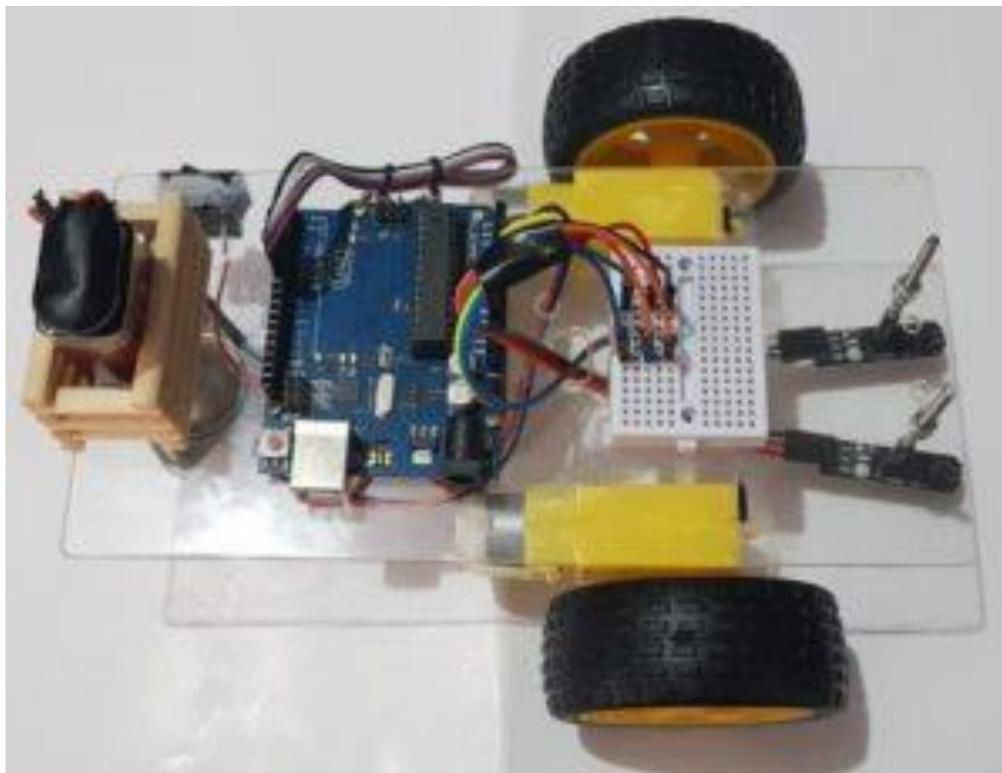
  if(sens[0] > maxi[0]){
    maxi[0] = sens[0];
  }
  if(sens[0] < mini[0]){
    mini[0] = sens[0];
  }
  if(sens[1] > maxi[1]){
    maxi[1] = sens[1];
  }
  if(sens[1] < mini[1]){
    mini[1] = sens[1];
  }
  if(sens[2] > maxi[2]){
    maxi[2] = sens[2];
  }
  if(sens[2] < mini[2]){
    mini[2] = sens[2];
  }
  delay(30);
}
digitalWrite(4, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(4, LOW);
}

```

1.8.15 Décimo quinto passo

Agora é só testar e aproveitar o seu robô seguidor de linha

Figura 2.53 - Resultado.



Esse texto é uma adaptação do manual “Criando um robô seguidor de linha com Arduino passo a passo” disponível no site:
<<https://luisavares.com/2018/09/criando-um-robot-seguidor-de-linha-com-arduino-passo-a-passo/>>
Dia 14/02/2022
De autoria de Luis Antonio Tavares

ANEXO 03 – Sobre o LDR

Os LDRs (*Light Dependent Resistors*) são componentes sensíveis à luz, ou seja, dispositivos eletrônicos que podem agir sobre um circuito em função da luz incidente numa superfície sensível deles. Os LDRs não devem ser confundidos com as fotocélulas. Enquanto os LDRs são resistores, cuja resistência depende da intensidade de luz que incide nos mesmos, não fornecendo, portanto, energia alguma, as fotocélulas convertem energia luminosa (radiante) em energia elétrica. Por suas características e baixo custo, entretanto, os LDRs podem ser usados em substituição às fotocélulas em uma infinidade de aplicações práticas.

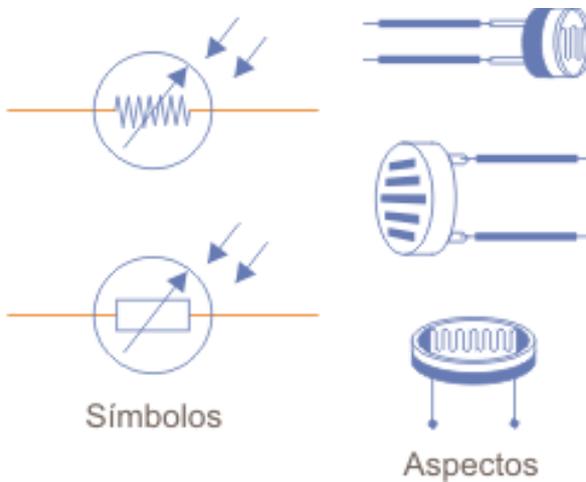


Figura 2.56 - Símbolo usado para representar um LDR

muitos $M\Omega$, se reduz a algumas dezenas ou centenas de Ω quando ele é iluminado diretamente. Assim, se ligarmos em série com um LDR uma

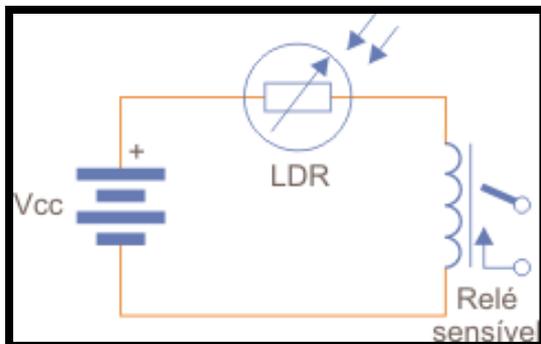


Figura 2.54 - Luz intensa no LDR conectado a um relê.

Na Figura 2.56 temos o símbolo usado para representar um LDR e os aspectos mais comuns com que podem ser encontrados esses componentes. Na Figura 2.55 temos a curva característica de um LDR por onde pode ser observado que a resistência muito alta deste componente no escuro, da ordem de

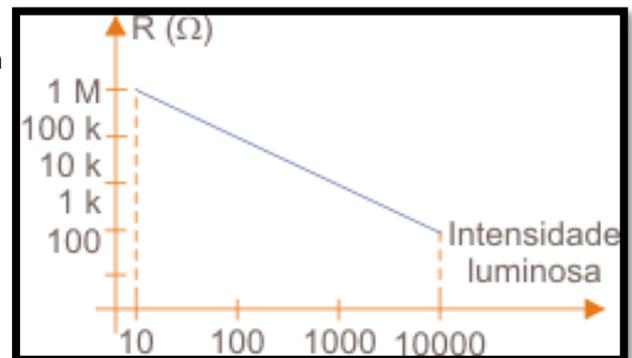


Figura 2.55 - Curva característica de um LDR.

fonte de energia (pilha) e um amperímetro, veremos que a corrente circulante pelo circuito dependerá da quantidade de luz que incide no LDR.

Quando a luz for intensa a corrente será maior. Ligando um relê ao circuito, conforme mostra a Figura 2.54 pode-se fazer seu controle por meio de um feixe de luz.

Nas aplicações práticas, conforme veremos, de modo a aumentar o rendimento do LDR já que a corrente máxima que pode nele circular é limitada a algumas dezenas de *mA* para os tipos comuns, são usados circuitos amplificadores com um ou mais transistores. Assim, podemos disparar um relê quando a luz incide no LDR fazendo ele controlar a corrente direta de base de um transistor, conforme mostra a Figura 2.57 e podemos disparar ele relê quando a luz é cortada, controlando a corrente que polariza inversamente a base do transistor, conforme mostra a Figura 2.58.

O relê usado deve ser de tipo sensível com tensão entre 6 e 9V e sensibilidade para disparar com correntes de 10 à 100 *mA*. O princípio de funcionamento de um LDR é o seguinte: a superfície sensível deste componente é formada por uma substância denominada **Arseneto de Gálio** (GaAs) a qual apresenta a propriedade de alterar a sua resistência em função da luz incidente. O que ocorre é que os fótons (“partículas” de luz) incidentes no material conseguem liberar elétrons do material aumentando

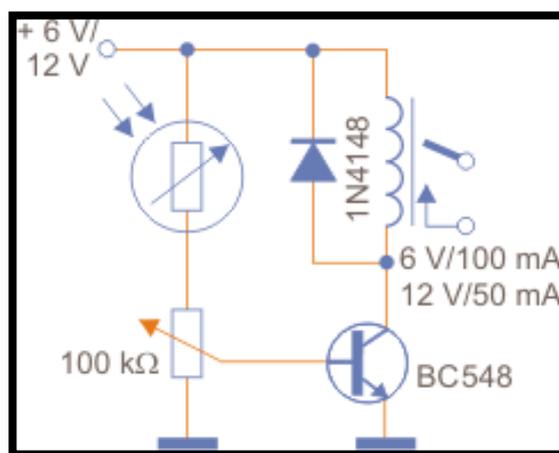


Figura 2.58 - LDR controlando a corrente direta da base de um transistor.

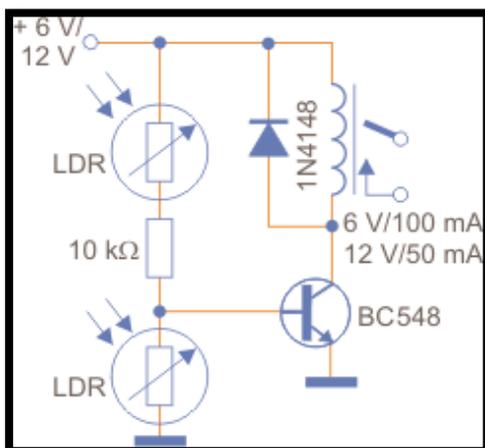


Figura 2.57 - Disparar de relê com a luz cortada.

ou diminuindo sua resistividade. Com maior quantidade de elétrons livres o material apresentará menor resistência e vice-versa. A variação da resistência obtida com diferentes graus de iluminação e a corrente máxima que pode suportar o componente depende da superfície de contacto com os eletrodos do material, e da área exposta do mesmo à luz. Assim, na construção de um LDR, conforme

mostra a figura 6 o que se faz é utilizar dois eletrodos em forma de “pente” que se interpenetram obtendo-se com isso uma grande superfície de contacto com o material fotossensível.

Os *LDRs* comuns têm uma sensibilidade que se aproxima de certo modo a sensibilidade do olho humano no que se refere às diferentes cores, com a diferença que estes podem alcançar um pouco mais a faixa do infravermelho. Com relação à velocidade de operação os *LDRs* são relativamente lentos em função de outros dispositivos fotossensíveis não podendo operar em frequências maiores que alguns quilohertz.

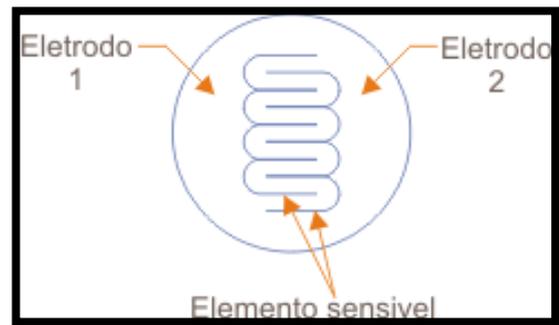


Figura 2.59 - Esquema da construção de LDR.

Texto adaptado do site INSTITUTO NCB, sob o link <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque-tecnologico/201-1/7547-ldr-alm332.html?highlight=WyJsZHliLCInbGRyJyIsIldidsZHInLCIsImxkciciXQ==>

ANEXO 05 – Edital fictício

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA Nº 35/2030 SOBRE A VALORIZAÇÃO DA ROBÓTICA INDUSTRIAL 2021 EM SANTA CATARINA

A FUNDAÇÃO DE AJUDA À PESQUISA EM ROBÓTICA DO ESTADO DE SANTA CATARINA – FAPROSC torna público o lançamento da presente Chamada Pública

e convida os (as) pesquisadores (as) catarinenses de Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICTIs) a apresentarem propostas de pesquisa em Ciência, Tecnologia e/ou Inovação - CTI para o desenvolvimento sustentável do setor de robótica e que, contribuam para o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação, nos termos dos artigos 218, 219, 219-A e 219-B da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e art. 176 da Constituição do Estado de Santa Catarina de 1989 e considerando:

- Que a FAPROSC é agência de fomento executora da Política Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação para o avanço de todas as áreas do conhecimento, o equilíbrio regional, o desenvolvimento econômico sustentável e a melhoria da qualidade de vida da população do Estado de Santa Catarina.
- Que compete à FAPROSC apoiar, promover e estimular a realização de estudos, pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, bem como executar e divulgar programas e projetos de pesquisa científica e inovação, individuais ou institucionais, por iniciativa própria ou em colaboração com outras instituições públicas ou privadas, do país ou do exterior de acordo com as diretrizes atribuídas pela Lei Complementar nº 741/2019, bem como pelo Estatuto Social da FAPROSC aprovado pelo Decreto 965/2012.
- Que, dentre os objetivos da FAPROSC, estão fomentar, desenvolver e executar a política de incentivo à pesquisa científica e tecnológica, bem como promover a realização de estudos, a execução e divulgação de programas e projetos de pesquisa científica básica e aplicada, individuais ou institucionais, e o desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos.
- Que, também, compete a FAPROSC promover, no espaço catarinense, em todos os níveis, a interação das instituições científicas, dos complexos empresariais, do governo e da sociedade; bem como, ao promover e estimular a realização de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, conceder-lhes os recursos necessários para a aquisição de material,

contratação e remuneração de pessoal vinculado a projetos de pesquisas e para quaisquer outras providências condizentes com os objetivos visados.

OBJETIVOS GERAL

- Propor um protótipo de carros autônomos que possa ser encaminhado para apreciação das indústrias catarinenses.
- Desenvolver um estudo que possa ajudar as indústrias de Santa Catarina a escolher o melhor robô para carregar insumos de produção dentro de suas dependências fabris, com o máximo de eficiência energética, financeira e com menor impacto ambiental possível.
- O estudo precisa ser específico no seu relatório final, dando suporte tecnológico e científico para a escolha, apresentando prós e contras de cada escolha.

ANEXO 06 – O que são os fototransistores

Pela física moderna, todas as substâncias podem ser classificadas num dos seguintes grupos, quanto ao seu comportamento elétrico: **isolantes, condutores e semicondutores**. O que determina em que grupo é colocada uma determinada substância é a *banda de energia* da sua estrutura atômica. Cada banda de energia pode conter apenas dois elétrons. Se as bandas de energias de uma substância estão preenchidas, a substância não pode receber ou doar elétrons e com isso se comporta como um isolante. Se existe um elétron por banda, ou se as bandas não estão suficientemente espaçadas, os elétrons podem se movimentar através do material e com isso ele se comporta como um condutor.

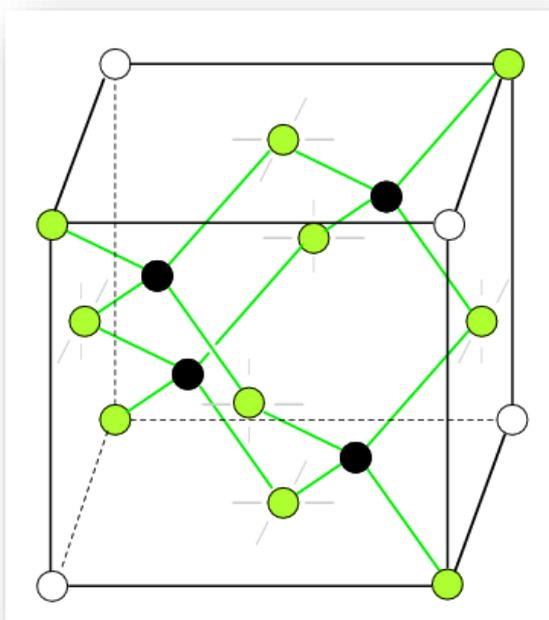


Figura 2.60-Esquema estrutural básica de um semicondutor.

O caso intermediário ocorre se pequenas aberturas existirem entre as bandas de energia preenchidas e as que têm vagas, o material age como um isolante a baixas temperaturas e se torna um condutor quando a temperatura se eleva. Este material é um semicondutor. Existem diversos materiais semicondutores como o silício, germânio, gálio e outros com propriedades adicionais que os tornam ideais para uso em eletrônica. São elementos que têm quatro elétrons na camada de valência cada um. Por causa das ligações de valência, eles formam uma estrutura básica conforme a mostrada na Figura 2.60.

1.9 Como Funciona o Diodo Semicondutor

Há uma categoria de materiais, um grupo intermediário de materiais que não são bons condutores, pois a corrente tem dificuldade em passar através deles, mas não são totalmente isolantes. Nestes materiais, os portadores de carga podem se mover, mas com certa dificuldade. Estes materiais são denominados “semicondutores”.

Dentre os materiais semicondutores mais importantes, que apresentam essas propriedades, destacamos os elementos químicos silício (*Si*), germânio (*Ge*) e o Selênio (*Se*). Numa escala de capacidades de conduzir a corrente, eles ficariam em posições intermediárias, conforme mostra a Figura 2.61.

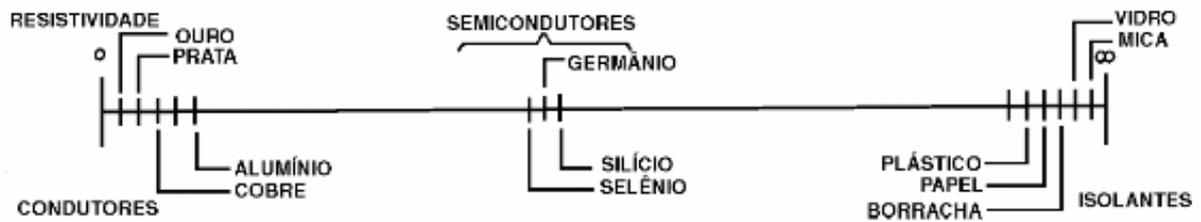


Figura 2.61-A escala de condutividade dos materiais.

Quando juntamos dois materiais semicondutores de tipos diferentes, P e N formam-se entre eles uma junção que tem propriedades elétricas importantes.

Na verdade, são as propriedades das junções semicondutoras que tornam possível a fabricação de todos os dispositivos semicondutores modernos, do diodo, passando pelo transistor ao circuito integrado.

Para entender como funciona a junção, vamos partir de dois pedaços de materiais semicondutores,

um P e outro N, que são unidos, de modo a formar uma junção, conforme mostra a Figura 2.62. No local da junção, os elétrons que estão em excesso no material N se deslocam até o material P, procurando então lacunas, onde se fixam.

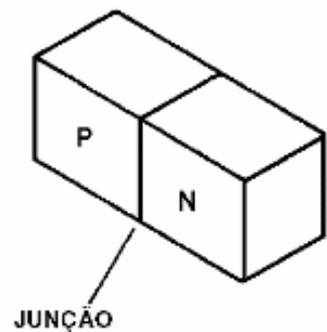
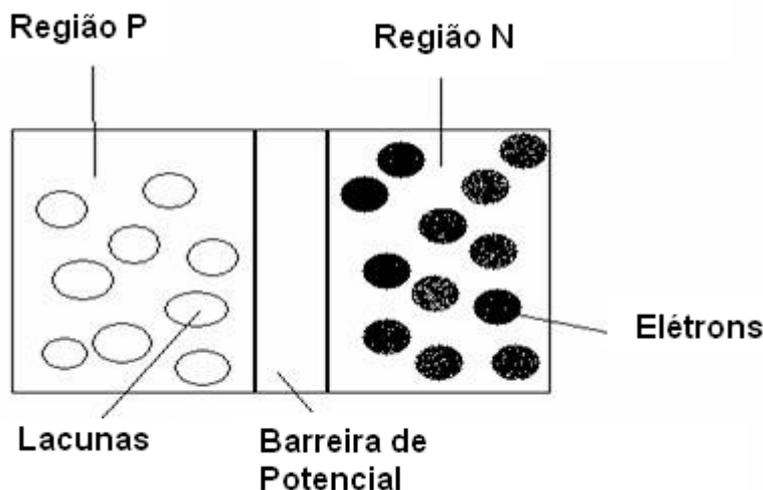


Figura 2.62-Obtendo uma junção PN.

O resultado é que temos elétrons neutralizando lacunas, ou seja, nesta região



não temos mais material nem N e nem P, mas sim material neutro. No entanto, ao mesmo tempo em que ocorre a neutralização, uma pequena tensão elétrica passa a se manifestar entre as duas regiões de

Figura 2.63-A barreira de potencial.

material semiconductor.

Essa tensão, que aparece na junção, consiste numa verdadeira barreira que precisa ser vencida para que possamos fazer circular qualquer corrente entre os dois materiais. Conforme o fenômeno sugere, o nome dado é “barreira de potencial”, conforme mostra a Figura 2.63.

Esta barreira possui um valor que depende da natureza do material semiconductor usado, sendo da ordem de $0,2V$ para o germânio e $0,6V$ para o silício.

A estrutura indicada, com dois materiais semicondutores, P e N, forma um componente que apresenta propriedades elétricas importantes e que denominamos “diodo semiconductor”, ou simplesmente “diodo”.

Texto adaptados dos endereços eletrônicos abaixo:

<<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque-tecnologico/208-s/1728-semicondutores.html>>

<<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/15159-como-funciona-o-diodo-semicondutor-art3971.html>>