# Ensino Baseado em Projeto com Construção de Bobina de Tesla em Física de 12.º Ano.

Rui Jorge Perdigão Campos
Mestrado de Ensino de Física e Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário
Departamento de Física e Astronomia/Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2024

# Ensino Baseado em Projeto com Construção de Bobina de Tesla em Física de 12.º Ano.

Rui Jorge Perdigão Campos

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado de Ensino de Física e Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Departamento de Física e Astronomia/Unidade de Ensino das Ciências

2024

**Orientador**
Marcelo Dumas Hahn, Professor Auxiliar Convidado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

# Agradecimentos

A nível académico, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Marcelo Hahn pela orientação, obviamente, mas também pela empatia e hospitalidade, com tonalidades de igualdade e humildade que tornaram esta experiência de estágio muito agradável. Quero também agradecer ao Professor Paulo Simeão por toda ajuda que disponibilizou durante todo este ano letivo e profissionalismo inigualável, como também ao Professor João Paiva pelas conversas que, para mim, fizeram sentir-me menos sozinho na politização da educação e da ciência. Desejo também agradecer à Professora Carla Morais por conseguir elevar tanto o espírito dos seus alunos dentro de padrões de rigor invejáveis. Um agradecimento especial a Luiz Arthury, que possibilitou a existência deste trabalho.

No que toca à experiência de estágio em contexto escolar, gostaria de agradecer à Professora Teresa Simões pela mentoria, companheirismo em escola e o espaço livre que abriu para experimentar em sala de aula. Agradeço também à Professora Dulce Peixoto, que permitiu esta investigação acontecer, quando nem tinha a obrigação de ajudar a esse ponto. Muito obrigado aos meus colegas de estágio, em especial ao Rui Moutinho, pelo companheirismo neste ano intenso. Quero agradecer a todos os alunos com quem me deparei na escola, especialmente ao 10.º C por toda a emoção que foi impossível esconder e aos meus caros cobaias do 12.º A.

Num tom mais pessoal, quero agradecer à minha família por sempre me ter obrigado a persistir na minha educação e nunca desistir. Quero agradecer à minha maravilhosa companheira, Ivana Duarte, por todo o apoio e carinho que ajudou a tornar este ano numa das experiências mais incríveis da minha vida. Vou agradecer também ao meu grande amigo e colega Francisco Alves, que é uma inspiração para mim e, sem ele, não sei se estaria a escrever estas palavras neste ficheiro. Adicionalmente, um obrigado gigante a todos os meus amigos pelos empurrões encorajadores para continuar nesta jornada, especialmente ao meu irmão Alexandre Pinto, pela competição saudável que sempre fez de nós pessoas melhores durante todos estes anos.

# Resumo

Este trabalho descreve a implementação de um método de ensino baseado em projeto (EBPj) na disciplina de Física, 12.º ano, especificamente focado na construção e análise do funcionamento de uma bobina de Tesla com um grupo de quatro alunos, com o objetivo de avaliar a motivação à aprendizagem e perceção dos alunos ao nível do desenvolvimento de competências como principal foco de investigação. A investigação envolveu quatro fases principais: contextualização histórica, análise do circuito elétrico, montagem da bobina de Tesla e apresentação dos projetos. Os dados foram recolhidos por via de questionários e entrevistas semiestruturadas. Os resultados indicam que os alunos desenvolveram competências cognitivas dentro do pensamento crítico e criativo, o que levou a uma perceção mais crítica e exigente das suas capacidades no que toca à resolução de problemas. Conclui-se que a abordagem EBPj promove uma autoavaliação mais crítica dos alunos sobre suas capacidades cognitivas e incentiva à criatividade para superar os desafios propostos, como também mais dinâmico com a realização de atividades práticas e a interação ativa com os alunos.

Palavras-chave: ensino baseado em projeto, competências, aprendizagem, motivação, física, bobina de Tesla.

# Abstract

This paper describes the implementation of a project-based learning (PjBL) method in the 12th-grade Physics course, specifically focusing on the construction and analysis of a Tesla coil with a group of four students, aiming to assess students' motivation for learning and their perception of skill development as the main focus of the investigation. The research involved four main phases: historical contextualization, analysis of the electrical circuit, assembly of the Tesla coil, and presentation of the projects. Data were collected through questionnaires and semi-structured interviews. The results indicate that students developed cognitive skills within critical and creative thinking, leading to a more critical and demanding perception of their abilities in problem-solving. It is concluded that the PBL approach promotes a more critical self-assessment of students regarding their cognitive abilities and encourages creativity to overcome proposed challenges, as well as making the learning process more dynamic through practical activities and active interaction with the students.

Keywords: project-based learning, skills, learning, motivation, physics, Tesla coil.

# Índice

Lista de Figuras.....vi

Lista de Abreviaturas.....vii

1. Introdução.....1

1.1. Objetivo de investigação.....1

1.2. Enquadramento teórico.....1

1.2.1. Ensino baseado em projeto (EBPj).....1

1.2.2. Ensino das ciências com contextualização histórica.....2

1.2.3. Indução eletromagnética.....3

1.2.4. Thomas Edison e Nikola Tesla – contexto histórico.....4

1.2.5. Bobina de Tesla.....5

1.3. Enquadramento didático-curricular.....7

2. Metodologia.....9

2.1. Caracterização da amostra.....9

2.2. Estudo de caso.....9

2.3. Recolha de dados.....10

2.3.1. Questionários.....10

2.3.2. Entrevistas.....11

2.3.3. Observações e notas de campo.....12

2.4. Fases de implementação e recursos didáticos.....12

2.4.1. Primeira fase – contextualização histórica.....12

2.4.2. Segunda fase – análise do circuito elétrico.....13

2.4.3. Terceira fase – montagem da bobina de Tesla.....14

2.4.4. Quarta fase – apresentação dos projetos.....16

3. Resultados e discussão.....17

3.1. Perceção de competências.....17

3.2. Perceção da aprendizagem do Projeto Bobina.....19

3.3. Motivação à aprendizagem com EBPj.....21
3.4. As atividades práticas e dinamismo em aula.....22
Conclusões.....24
Sobre o desenvolvimento de competências.....24
Sobre a aprendizagem.....24
Referências Bibliográficas.....25
Anexo A – Instrumentos de Recolha de Dados.....28
Anexo A.1. - Questionário Pré-Projeto (Projeto Bobina).....28
Anexo A.2. – Questionário Pré-Projeto (Outros).....32
Anexo A.3. – Questionário Pós-Projeto (Projeto Bobina).....35
Anexo A.4. – Questionário Pós-Projeto (Outros).....40
Anexo A.5. – Questões de Entrevista.....43
Anexo A.6. – Declaração de Consentimento e Assentimento.....45
Anexo B – Recolha de Dados.....47
Anexo B.1. – Questionários (Projeto Bobina).....47
Anexo B.2. – Questionários (Outros).....51
Anexo B.3. – Entrevista 1.....55
Anexo B.4. – Entrevista 2.....59
Anexo B.5. – Entrevista 3.....63
Anexo B.6. – Entrevista 4.....70
Anexo C – Recursos Didáticos.....74
Anexo C.1. – Texto sobre Nikola Tesla.....74

# Lista de Figuras

**Figura 1** - *Esquema ilustrativo do desenvolvimento de competências pretendido pela proposta de EBPj.*.....3

**Figura 2** - *Esquema de sequência ilustrativa do funcionamento de um circuito LC.*.....7

**Figura 3** - *Esquema do circuito de um transformador ressonante (Bobina de Tesla).*….7

**Figura 4** - *Estrutura do código para identificação dos respondentes no questionário.*.13

**Figura 5** - *Garrafas de Leyden construídas pelo Projeto Bobina.*.....16

**Figura 6** - *Placa de circuito para a bobina de Tesla e montagem*.....17

**Figura 7** - *Bobina de Tesla a acender lâmpadas sem fios condutores*.....17

**Figura 8** - *Apresentação do Projeto Bobina em auditório*.....18

**Figura 9** - *Perceção dos alunos nos âmbitos de "raciocínio e resolução de problemas" e "pensamento crítico e pensamento criativo"*.....21

**Figura 10** - *Perceção dos alunos em "consciência de domínio de corpo" e "linguagens e textos"*.....22

**Figura 11** - *Comparação entre amostras sobre a perceção no desenvolvimento de competências práticas*.....23

**Figura 12** - *Perceção da aprendizagem relativo a tópicos de anos anteriores*.....24

**Figura 13** - *Perceção da aprendizagem após a realização do projeto*.....24

**Figura 14** - *Motivação dos alunos para um EBPj, antes e após realizar o projeto*.....25

# Lista de Abreviaturas

| | |
|---|---|
| AE | APRENDIZAGENS ESSENCIAIS |
| DGE | DIREÇÃO GERAL DA EDUCAÇÃO |
| EPBJ | ENSINO BASEADO EM PROJETO |
| IPP | INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL |
| PASEO | PERFIL DO ALUNO À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA |

# 1. Introdução

A disciplina de Física, opcional para alunos finalistas do Ensino Secundário e com um vasto conteúdo ligado às respetivas Aprendizagens Essenciais (DGE, 2018c) é o espaço ideal para alunos que pretendem aprofundar o seu conhecimento sobre os tópicos precedentes, explorados na disciplina de Física e Química A. Dada a ausência de exames nacionais nesta disciplina, abre horizontes para maior experimentação a nível didático, particularmente no que toca à implementação de metodologias ativas em sala de aula, como por exemplo, um ensino baseado em projeto (EBPj).

## 1.1. Objetivo de investigação

Esta investigação enquadra-se no âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP) do Mestrado de Ensino de Física e Química no 3.º ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário, em particular, na disciplina de Física de 12.º ano.

Embora existam variados grupos de trabalho nesta turma em estudo, cada um a desenvolver o respetivo projeto, a orientação principal e acompanhamento decorreu com os estudantes que montaram uma bobina de Tesla, conforme a análise de documentos históricos por parte de Nikola Tesla e do trabalho desenvolvido por Arthury et al. (2022), dissecando o circuito elétrico que constitui este equipamento singular na história da física.

O objetivo principal desta investigação é responder às seguintes questões:

- Uma metodologia de ensino baseado em projeto pode aumentar a motivação à aprendizagem na disciplina de Física?
- Como esta metodologia afeta a perceção dos alunos ao nível do desenvolvimento de competências e das aprendizagens?

Assim, pretende-se que os alunos autoavaliem como um ensino baseado em projeto influencia no desenvolvimento de competências, na aprendizagem e na motivação à aprendizagem.

## 1.2. Enquadramento teórico

### 1.2.1. Ensino baseado em projeto (EBPj)

John Dewey (1859-1952) defendia um ensino centrado no estudante, onde este desempenharia um papel ativo na sua aprendizagem, o que tem gerado alguma atração

para professores de diversas áreas científicas (Studart, 2019). Os alunos devem fazer mais do que apenas ouvir as informações transmitidas em aula pelo professor, enquanto o docente deve priorizar a instrução como ferramenta de transmissão da informação sobre as competências que os alunos devem desenvolver, o que desafia as conceções atuais sobre o ensino, onde muitos sistemas educativos de diversos países desenvolvem currículos focados numa prática centrada no professor (Grossman et al., 2019). Portugal, ainda, não é exceção, embora as Aprendizagens Essenciais (AE) definam objetivos de competências no âmbito de cumprir o sucesso do aluno no aproveitamento escolar, respeitando, portanto, os objetivos do Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória - PASEO (DGE, 2017).

O objetivo principal de um EBPj é desenvolver vários tipos de competências, nomeadamente no âmbito da disciplinaridade, interatividade, colaboração e autenticidade que exigem elevado nível de cognição e criatividade na resolução de problemas, como também responsabilidade e autonomia pela própria aprendizagem, como esquematizado na Figur (Grossman et al., 2019). Assim, o professor torna-se um facilitador no que toca ao desenvolvimento de competências e do projeto em trabalho. Já os alunos, deverão definir e orientar a sua própria aprendizagem, garantindo uma exploração de atitudes e valores (Bonwell & Eison, 1991) devido à natureza construtivista desta metodologia de ensino.

### 1.2.2. Ensino das ciências com contextualização histórica

Uma narrativa histórica no ensino das ciências evidencia a ciência como uma conquista sociocultural, onde se estabelece a relação entre o mundo científico e a sociedade, atribuindo contexto social, cultural e político (Jardim et al., 2021). Assim, desmistifica-se o papel do cientista, facilitando a compreensão do aluno sobre como a ciência evolui ao longo do tempo e a identificação da sua utilização em determinados episódios da história da humanidade enquanto benéficos ou prejudiciais (Dias & Martins, 2004).

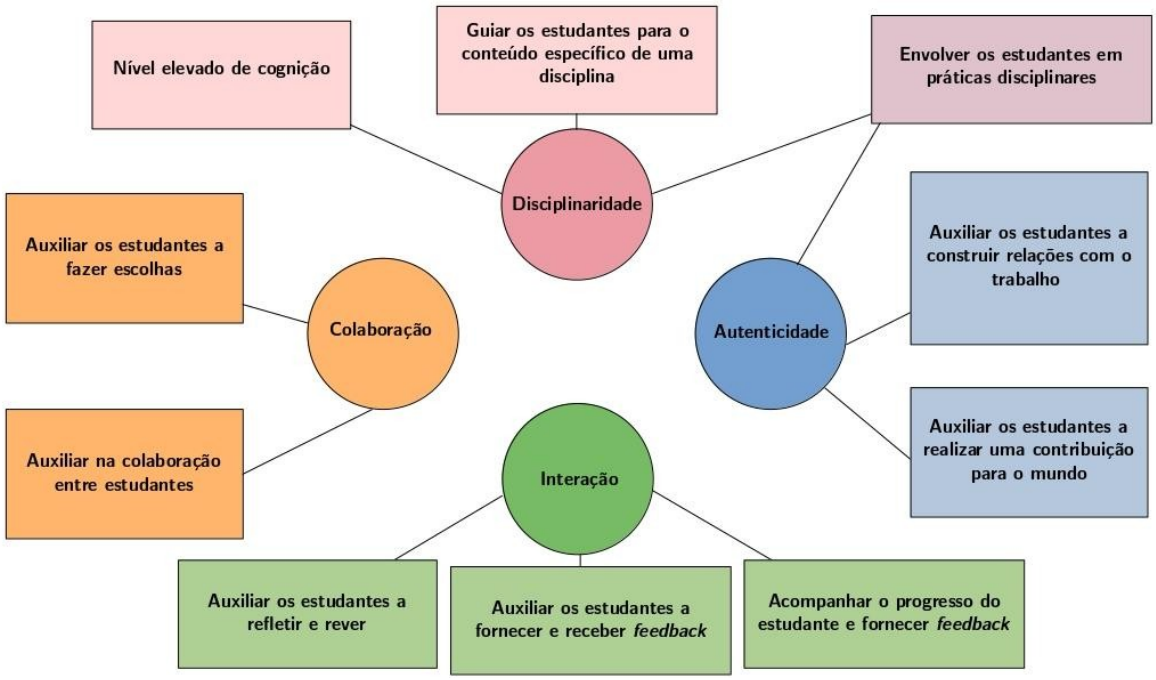
Esta contextualização histórica no ensino das ciências pode ser realizada de diversas formas não mutuamente exclusivas:

- Recriação de atividades práticas e/ou laboratoriais históricas e marcantes para o desenvolvimento científico, adquirindo conhecimento histórico sobre a metodologia da época (Dias & Martins, 2004), mesmo antes da ciência se estabelecer como um ramo importante da nossa sociedade;

- Análise de obstáculos socioculturais existentes na época que dificultaram o progresso científico, como dogmatismo religioso ou discriminação de género (Jardim et al., 2021);

**Figura 1**

*Esquema ilustrativo do desenvolvimento de competências pretendido pela proposta de EBPj.*




- Relação e comparação da narrativa histórica enunciada com o contexto socio-cultural dos alunos (Jardim et al., 2021).

Atribuindo, portanto, um dinamismo social à estrutura que impulsiona o conhecimento científico, pretende-se atrair mais os alunos ao estudo de disciplinas científicas e facilitar a construção de uma relação com o conhecimento científico aplicado ao contexto de cada aluno, até mesmo maturar as conceções epistemológicas dos professores relativamente à natureza da ciência, contribuindo para "uma imagem adequada do que é a construção do conhecimento científico" (Perez et al., 2001, p. 125).

### 1.2.3. Indução eletromagnética

Michael Faraday (1791-1867) teve o seu primeiro contacto com eletromagnetismo em 1820, auxiliando Hans Christian Ørsted (Dias & Martins, 2004) na famosa experiência de que um fio condutor que, pela passagem de corrente elétrica e próximo de um íman, provoca alterações no seu campo magnético (Tipler & Mosca, 2008).

Mais tarde, Faraday, inspirado por esta e outras pesquisas subsequentes da sua autoria sobre alterações em campos magnéticos, descobriu uma relação entre a variação do fluxo magnético, $\Delta\varphi$, na superfície de um fio condutor e a força eletromotriz, $\varepsilon$, quando ocorre passagem de corrente elétrica pelo fio (Hewitt, 2015). Particularmente, no caso de bobinas, o fluxo magnético é diretamente proporcional:

- Ao número de espiras constituintes da bobina ($N$);
- À intensidade do campo magnético ($B$);
- À área superficial das espiras ($A$);
- Ao cosseno do ângulo formado entre um vetor normal à superfície das espiras e as linhas de campo magnético (cos $\alpha$).

Assim, obtém-se a seguinte equação:

$$\varphi = NBA\cos\alpha \tag{1}$$

Concluiu-se, então, que o campo magnético gerado pela passagem de corrente elétrica num fio condutor, cria uma força eletromotriz ao longo da sua superfície devido à variação de fluxo magnético em função do tempo (Tipler & Mosca, 2008), tal que

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \tag{2}$$

### 1.2.4. Thomas Edison e Nikola Tesla – contexto histórico

O final do século XIX foi marcado principalmente pela Segunda Revolução Industrial e uma evolução considerável na compreensão, geração e distribuição da eletricidade e as suas aplicações no quotidiano das pessoas. Thomas Edison (1847-1931), inventor da lâmpada incandescente e fundador da *General Electric*, foi um principal impulsionador do desenvolvimento tecnológico da época (Mohajan, 2020). Equipamentos elétricos baseados em corrente contínua (DC) tornar-se-iam a norma graças aos contributos de Thomas Edison neste campo.

Nikola Tesla, funcionário da *General Electric* na época, já tinha visões bem estabelecidas sobre sistemas de fornecimento de energia elétrica baseados em corrente elétrica alternada, algo que Thomas Edison era fundamentalmente resistente, dado o aparente antagonismo entre ambos os sistemas (O'Neill, 2007). Tesla apenas trabalhou um ano para a empresa devido a problemas laborais e de gestão que forçaram a sua saída, o que dificultou a continuidade do seu trabalho e divulgação das suas ideias. Foi, contudo, no laboratório de *Colorado Springs* que o trabalho à volta de um transformador ressonante começou (explorado mais detalhadamente na secção 1.2.5.) e um projeto de fornecer energia elétrica, sem fios, para todo o planeta se desenvolveu (O'Neill, 2007).

### 1.2.5. Bobina de Tesla

Antes de explorar este equipamento singular, é necessário definir um circuito LC. Este é constituído por uma bobina e um condensador cuja função é de armazenar carga elétrica, sendo caracterizado pela grandeza capacitância, *C*. A Figura 2 ilustra o constante carregamento e descarga do condensador e, durante o processo de descarga, devido à passagem de corrente elétrica no circuito, gera-se um campo magnético através da bobina, periodicamente, oscilando a intensidade e o sentido do mesmo conforme o valor e o sentido, respetivamente, da corrente elétrica no circuito (Serway & Jewett Jr., 2008), criando uma oscilação com uma frequência, , que pode ser descrita pela equação

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{\varphi I}{C}} \tag{3}$$

onde *L* representa a indutância da bobina (propriedade que caracteriza a relação entre a passagem de corrente elétrica, *I*, e o fluxo magnético resultante, *φ*) e *C* é a capacitância do condensador (Tipler & Mosca, 2008).

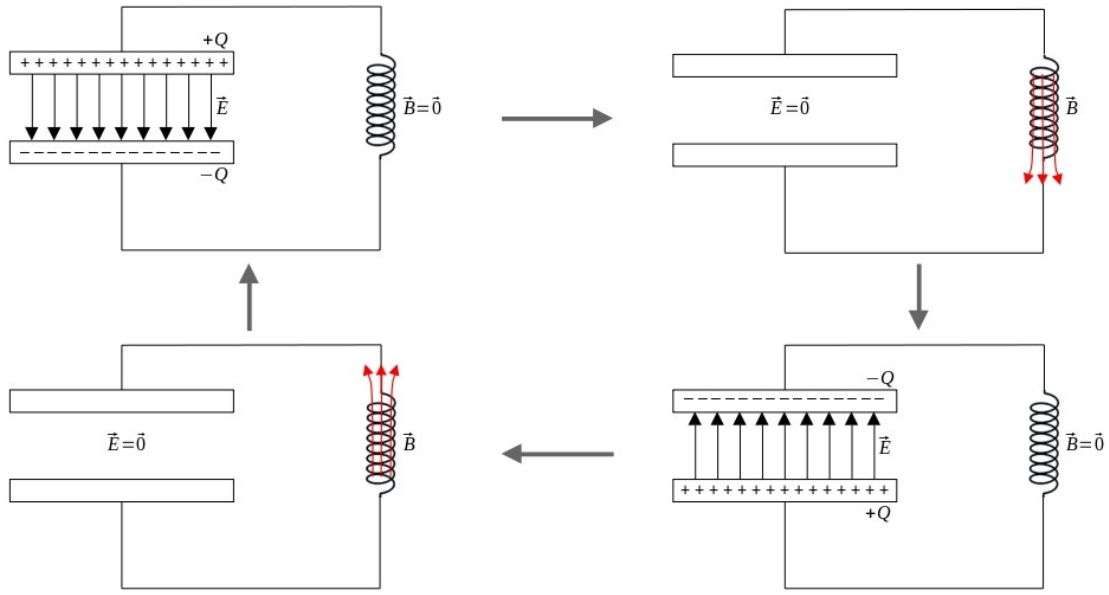
Na bobina de Tesla, em particular, como está esquematizado no circuito na Figura 3, existe um condensador ligado em paralelo com duas bobinas: uma primária ($L_1$) e secundária ($L_2$). Assim, o condensador consegue gerar oscilações LC (Serway & Jewett Jr., 2008) como descritas acima em ambas as bobinas, à mesma frequência e em ressonância, ou seja, $\omega_1 = \omega_2$. Graças a este fenómeno, existe uma amplificação na diferença de potencial elétrica na bobina secundária, pelo que se conclui que este circuito atua como um transformador ressonante. Consequentemente, um arco voltaico é formado no terminal de saída em $L_2$, ocorrendo ionização e excitação das moléculas de

ar em redor, podendo, então, fornecer energia elétrica a recetores sem a necessidade de fios condutores. Só é possível atingir este objetivo caso a tensão final obtida seja cerca de $10^4$ V (Arthury et al., 2022), de modo a obter o estado de plasma consequente do fenómeno de ressonância entre as duas bobinas.

Um circuito LC é uma idealização onde não se considera qualquer resistência no circuito elétrico (Serway & Jewett Jr., 2008), sendo, portanto, necessário adições ao circuito para que a execução seja possível, como uma resistência em paralelo com os restantes componentes, de modo a diminuir o efeito da resistência equivalente do circuito (Tipler & Mosca, 2008), maximizando a corrente elétrica que passa pelas restantes ramificações por estar também associado a um dos terminais do transístor (T) que define um valor base de corrente a passar pelo circuito. Estes dois componentes servem de proteção ao circuito de um possível curto-circuito.

**Figura 2**

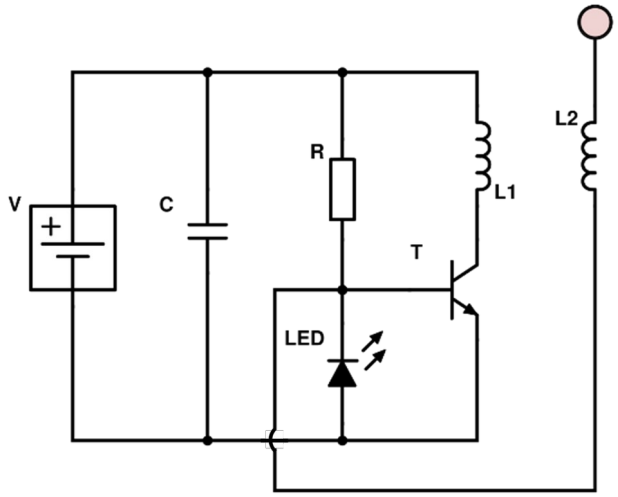
*Esquema de sequência ilustrativa do funcionamento de um circuito LC.*




Legenda: O sentido do campo magnético depende da polarização do condensador. A intensidade de campo magnético é máxima quando o condensador se encontra totalmente descarregado. Adaptado de Serway e Jewett Jr. (2008).

**Figura 3**

*Esquema do circuito de um transformador ressonante (Bobina de Tesla).*




Legenda: *V* (fonte de alimentação); *C* (condensador); *R* (resistência); *LED*; *T* (transístor); *L1* e *L2* (bobinas primária e secundária, respetivamente).

## 1.3. Enquadramento didático-curricular

Esta proposta de trabalho enquadra-se nas Aprendizagens Essenciais (AE) de Física e Química A do Ensino Secundário, documentos redigidos pela Direção Geral da Educação. A aplicação desta investigação foi efetuada, porém, com uma turma de Física de 12.º ano, com alguma liberdade de implementação no enquadramento curricular respetivo a este ano de ensino. Em particular, no caso do 11.º ano, subdomínio intitulado *Eletromagnetismo e Ondas Eletromagnéticas*, esta investigação insere-se na exploração das seguintes AE:

- Montar circuitos elétricos, associando componentes elétricos em série e em paralelo, e, a partir de medições, caracterizá-los quanto à corrente elétrica que os percorre e à diferença de potencial elétrico aos seus terminais (DGE, 2018a, p. 14).
- Investigar os contributos dos trabalhos de Oersted, Faraday, Maxwell e Hertz para o eletromagnetismo, analisando o seu papel na construção do conhecimento científico, e comunicando as conclusões (DGE, 2018b, p. 10);

- Aplicar, na resolução de problemas, a Lei de Faraday, interpretando aplicações da indução eletromagnética, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão DGE, (2018b, p. 10).

Embora estes tópicos tenham sido discutidos com os alunos no ano letivo anterior, o foco foi diferente este ano. A aplicação destas aprendizagens essenciais ocorreu no contexto de um circuito oscilante como a bobina de Tesla. Isto exigiu uma exploração conceptual de maior profundidade e extensão, bem como uma maior autonomia por parte dos alunos para a realização do projeto. Os alunos abordaram conceitos como capacitância e condensadores, indutância e bobinas, circuito oscilante e ressonante (Serway & Jewett Jr., 2008).

Relativamente ao *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (PASEO) publicado pela Direção Geral da Educação (2017), pretende-se que os alunos desenvolvam as seguintes áreas de competências (DGE, 2017, p.19-30):

- *Relacionamento interpessoal* (p. 25), desenvolvendo o "espírito de cooperação" e "trabalho em equipa" (p. 25) no desenrolar do trabalho em projeto;
- *Saber científico e tecnológico* (p. 29), ao conhecer e explorar os conceitos científicos do circuito em construção, como também idealizar e explorar as suas aplicações tecnológicas;
- *Raciocínio e resolução de problemas* (p. 23), por meio de pesquisas relacionadas com o projeto, interpretar os dados e gerir o projeto adequadamente;
- *Pensamento crítico e pensamento criativo* (p. 24), com auxílio de conteúdo histórico de modo a impulsionar a análise do conhecimento científico da época e com ponderações sobre o futuro do projeto;
- *Linguagens e textos* (p. 21), por exemplo, dominar capacidades de compreensão e de expressão nas modalidades;
- *Consciência do domínio do corpo* (p. 30), graças ao trabalho delicado que é soldar numa placa de circuito de pequenas dimensões.

# 2. Metodologia

Neste capítulo, descreve-se o estudo realizado com alunos de 12.º ano da Escola Secundária Inês de Castro durante o 2.º semestre letivo e os recursos didáticos desenvolvidos para aplicação de um EBPj, com contextualização histórica inicial[1], justificando o tipo de investigação realizada e a consequente recolha de dados que permitiu avaliar a perceção dos alunos sobre a sua aprendizagem, motivação e desenvolvimento de competências.

## 2.1. Caracterização da amostra

A amostra, constituída por alunos do 12.º A da Escola Secundária Inês de Castro, está dividida em duas categorias:

- Projeto Bobina – consiste em 4 alunos participantes no projeto que consistia na construção da bobina de Tesla; esta será a amostra principal e a que obteve acompanhamento ativo;
- Outros – constituído por 7 alunos participantes noutros projetos dentro da turma; esta será a amostra secundária e o acompanhamento foi assegurado pelo docente responsável.

A amostra secundária serve como um suplemento aos dados obtidos, relacionando como um EBPj afeta a perceção dos alunos sobre as áreas de competência descritas pelo PASEO (DGE, 2017) e outros parâmetros de análise, estandardizados para ambos os grupos, tal como se verifica no questionário no Anexo A – Instrumentos de Recolha de Dados.

## 2.2. Estudo de caso

A metodologia implementada para esta investigação foi um estudo de caso, que é um tipo de investigação qualitativa focada num único sistema de estudo, que pode ser complexo e constituído por mais de um caso. (Mills & Gay, 2019). No contexto desta investigação, serão efetuados dois estudos de caso único confinados a grupos de tra-

[1] A contextualização histórica em EBPj é um aspeto exclusivo à amostra principal (Projeto Bobina).

balho (Robson & McCartan, 2016) sujeitos a um EBPj em sala de aula, sendo o "Projeto Bobina" o foco de estudo principal, como já foi referido na subsecção anterior.

Então, os resultados oriundos destas amostras, dada a natureza deste tipo de metodologia – embora estes também sejam influenciados pelo tamanho da amostra e a análise qualitativa consequente – não podem ser generalizados para outros contextos, estando a sua validade restringida à investigação descrita neste documento, visto que seria necessário repetir e estender a investigação noutros ambientes escolares, para garantir "validação externa" (Tuckman & Harper, 2012, p. 6). Contudo, as conclusões retiradas de um estudo de caso único podem influenciar investigações de maior escala sobre o tópico, podendo até incorporar análises de carácter quantitativo.

## 2.3. Recolha de dados

O método de recolha de dados efetuada foi de carácter qualitativo (Mertens, 2010) por via de **questionários**, registando a frequência de respostas de acordo com uma escala de concordância, e **entrevistas**, de modo a complementar os dados obtidos por meio do questionário. Esta última foi aplicada apenas com o grupo Projeto Bobina.

### 2.3.1. Questionários

Os questionários foram aplicados em duas fases: pré-projeto e pós-projeto. Assim, um primeiro questionário foi implementado antes de todos os alunos iniciarem os seus projetos, de modo a compreender a perceção e motivação dos alunos em relação a um EBPj a implementar nas aulas da disciplina de Física, como também a perceção das suas competências conforme o PASEO (DGE, 2017). Adicional e exclusivamente ao Projeto Bobina, é também avaliada a visão dos alunos relativamente à noção conceptual dos conteúdos a discutir durante o projeto, previamente explorados durante o Ensino Secundário (DGE, 2018b, 2018a) e duas áreas de competência singulares a esta amostra, como se pode verificar no Anexo B.1. – Questionários (Projeto Bobina): *linguagens e textos* (DGE, 2017, p. 21), devido à interpretação de textos com conteúdo histórico e *consciência do domínio do corpo* (DGE, 2017, p. 30), visto que tinham de soldar em placas de circuito.

Na fase pós-projeto, um segundo questionário é administrado aos alunos para efetuar uma avaliação semelhante. Enquanto na fase pré-projeto avaliam-se as expectativas dos alunos antes do projeto, na fase pós-projeto, a perceção dos alunos relativamente

à metodologia implementada é analisada, mantendo os critérios de competência do PASEO (DGE, 2017) para obter dados comparativos entre as duas fases.

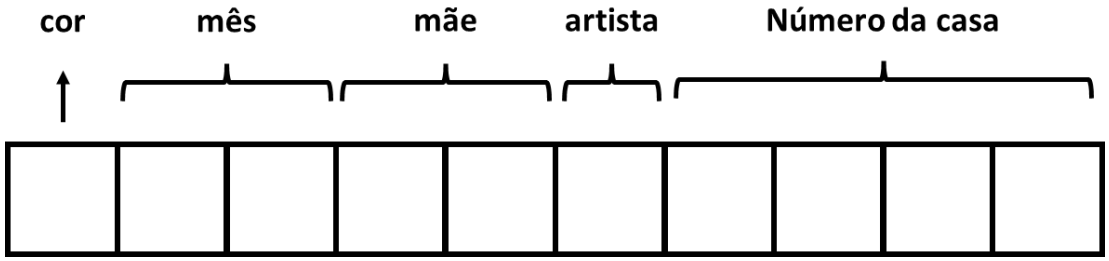
O questionário foi compilado como um conjunto de afirmações onde os alunos responderam segundo a seguinte escala de concordância[2]: *discordo totalmente*, *discordo*, *discordo pouc*o, *concordo pouco*, *concor*do e *concordo totalmente*[3]. Logo, foi possível realizar uma análise qualitativa de como um EBPj afetou os alunos dentro dos parâmetros descritos, reforçados pela amostra secundária.

A componente histórica presente num dos grupos de alunos é exclusiva à amostra principal, não estando presente nos projetos desenvolvidos pelos outros grupos. A análise envolvendo este contexto deve ser particularmente cuidadosa, visto que a amostra é constituída por apenas 4 elementos.

Os dados foram recolhidos de forma anónima pelo *Google Forms*, sem indicação dos endereços eletrónicos dos respondentes. Cada aluno teve de gerar um código, consoante a Figura 4.

**Figura 4**

*Estrutura do código para identificação dos respondentes no questionário.*




Legenda: **cor** (primeira letra da cor preferida); **mês** (o número do mês do aniversário da mãe); **mãe** (as duas primeiras letras do nome da mãe); **artista** (a primeira letra do artista preferido); **número da casa/prédio** (os quatro primeiros algarismos da porta da casa/prédio).

## 2.3.2. Entrevistas

As entrevistas ajudam a combater alguns dos problemas limitantes associados à pequena dimensão da amostra e "deficiências do ser humano como analista" (Robson & McCartan, 2016, p. 462). Como tal, as perguntas foram estruturadas e adaptadas para fornecer informação complementar aos dados descritivos gerados pelo questionário,

[2]Escala de Likert (Likert, 1932).
[3] A escala foi definida com um número par de elementos de concordância para evitar respostas absolutamente neutras.

atribuindo algum significado aos resultados que podem, à partida, parecerem inconclusivos ou sem qualquer tipo de correlação (Bogdan & Biklen, 2007).

As questões das entrevistas são, por vezes, clarificadas e adaptadas ao respondente, embora sigam uma base de perguntas pré-estabelecidas e previamente verificadas por pares (Anexo A.5. – Questões de Entrevista). Todas as questões foram construídas de acordo com os principais objetivos de avaliação, já bem definidos pelo questionário, explorando com maior profundidade e confirmando, se possível, alguns dos resultados obtidos. O investigador teve a liberdade de acrescentar perguntas e interagir livremente com os entrevistados na medida do necessário e, por isso, as entrevistas realizadas podem ser classificadas como semiestruturadas.

Todas as entrevistas foram transcritas e a identidade dos participantes é confidencial, sem associação direta ou indireta ao código de identificação presente no questionário, garantindo o anonimato nas respostas aos questionários.

### 2.3.3. Observações e notas de campo

Apesar de ser menos estruturado e rígido, as observações em aula, o acompanhamento à volta dos alunos (em particular, do Projeto Bobina) e as notas de campo também desempenham um papel auxiliar na análise qualitativa dos resultados obtidos no questionário.

## 2.4. Fases de implementação e recursos didáticos

Esta proposta de EBPj foi dividida em quatro fases principais, todas elas marcadas por grandes diferenças a nível didático, mas essenciais à implementação desta investigação. Com a exceção da última fase, todas são exclusivas ao Projeto Bobina.

### 2.4.1. Primeira fase – contextualização histórica

Como introdução e apresentação ao projeto, os alunos visualizaram, em casa, o primeiro episódio da série documental *Shocks and Awe: The Story of Electricity*[4], apresentada pelo físico teórico Jim Al-Khalili, que retrata a evolução do mundo da eletricidade, tanto ao nível do conhecimento como das suas aplicações na sociedade, desde Francis Hauksbee e o seu gerador, até à pilha de Alessandro Volta.

[4]Episódio: https://www.youtube.com/watch?v=Gtp51eZkwoI.

O episódio foi discutido com os alunos e posteriormente sintetizado por meio de um resumo esquematizado[5] constituído pelos conceitos fundamentais enunciados no documentário (por exemplo: carga elétrica, diferença de potencial e corrente elétrica), assim como momentos históricos marcantes que influenciaram compreensão da humanidade sobre a natureza da eletricidade e o eletromagnetismo (construção da garrafa de Leyden e compreensão dos relâmpagos como fenómenos atmosféricos de natureza eletrostática). O objetivo foi realizar uma análise epistemológica da evolução destes conceitos com auxílio de uma perspetiva histórica garantida pelo documentário.

Depois, os alunos tiveram de ler um texto sobre a história de Nikola Tesla e o que levou à construção do seu transformador ressonante (Anexo C – Recursos Didáticos), que descreve em maior detalhe o que já foi brevemente discutido na secção 1.2.4 deste documento, adaptado *a posteriori* para implementar em sala de aula com o Projeto Bobina.

Introduz-se, então, uma narrativa histórica para compreender as motivações e ambições de Nikola Tesla aquando a formulação e construção do seu transformador ressonante, realizando uma análise dos obstáculos aos quais Tesla foi sujeito e estabelecer um paralelismo com o contexto sociocultural atual (Jardim et al., 2021), relacionando a visão do próprio sobre o futuro da distribuição elétrica à grande escala com a tecnologia que serve atualmente esse propósito.

Antes desta fase iniciar, foi implementado o primeiro questionário.

### 2.4.2. Segunda fase – análise do circuito elétrico

Recorrendo ainda ao texto presente no Anexo C – Recursos Didáticos, iniciou-se a fase de análise do circuito elétrico relativo à bobina de Tesla (Figura 3). Após a leitura e reflexão individual por parte de cada aluno, abriu-se espaço para uma discussão em conjunto, onde se focaram os seguintes pontos:

- Identificação dos componentes constituintes do circuito e associações (em série ou em paralelo);
- Discussão e eventual pesquisa sobre os componentes até então desconhecidos (condensador e transístor);
- Previsão sobre a função desempenhada por cada componente do circuito e funcionamento do circuito elétrico.

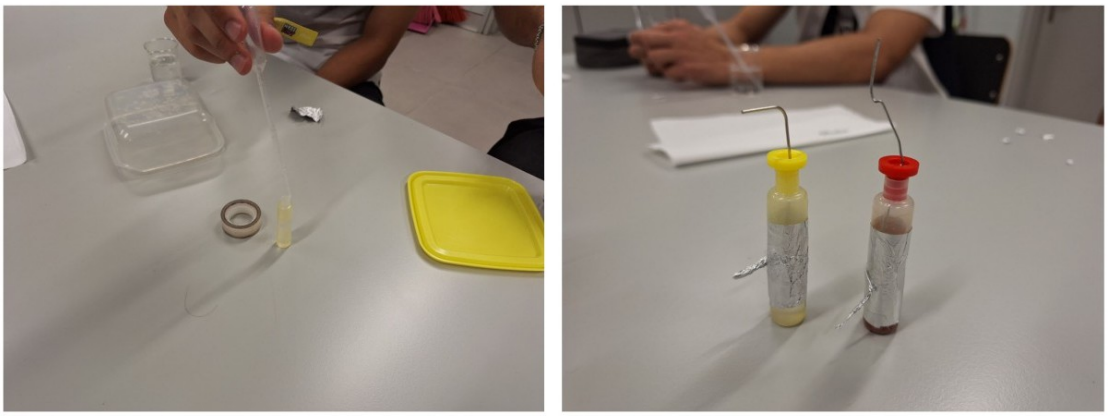
[5]Semelhante a um mapa de conceitos, mas com menor foco na hierarquia conceptual.

De modo a consolidar toda a informação e combater conceções alternativas, criou-se um momento de aula de carácter mais expositivo, explicando o funcionamento do circuito, em particular, com ênfase no fenómeno de ressonância gerado por ambas as bobinas, tal como já foi discutido na secção 1.2.5, devido à sua complexidade e limitações de tempo para uma exploração mais autónoma.

Esta fase também foi marcada pela construção de uma garrafa de Leyden, estabelecendo uma ligação entre esta e a fase anterior, levando os alunos a recriar um equipamento já apresentado no documentário e com impacte histórico e científico (Jardim et al., 2021), que é, essencialmente, a forma mais rudimentar de um condensador. Com base no que aprenderam no documentário acerca da garrafa de Leyden e com a pesquisa adicional sobre condensadores, os alunos tiveram de registar os materiais necessários à sua construção. Após a devida adaptação para preservar a segurança de todos os envolvidos, para evitar descargas elétricas violentas, fizeram-se duas garrafas de Leyden de pequena escala (Figura 5).

**Figura 5**

*Garrafas de Leyden construídas pelo Projeto Bobina.*



Legenda: garrafa de corante de alimentar (base do equipamento); água com cloreto de sódio (solução armazenadora de carga elétrica); folha de alumínio (pólo positivo); *clips* de papel (pólo negativo). O carregamento destes equipamentos provou-se, contudo, bastante difícil, dadas as pequenas dimensões.

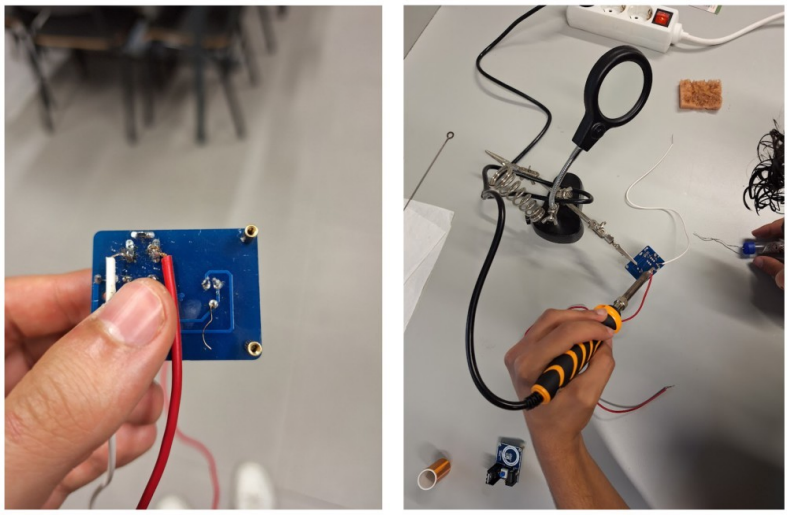
### 2.4.3. Terceira fase – montagem da bobina de Tesla

A última fase exclusiva ao Projeto Bobina consiste, finalmente, na montagem do transformador ressonante idealizado por Nikola Tesla. As peças foram previamente enco-

mendadas e esta fase de implementação consiste em soldar os diferentes componentes na placa de circuito de pequenas dimensões (para evitar descargas violentas que possam afetar os alunos em trabalho) representada na Figura 6.

**Figura 6**

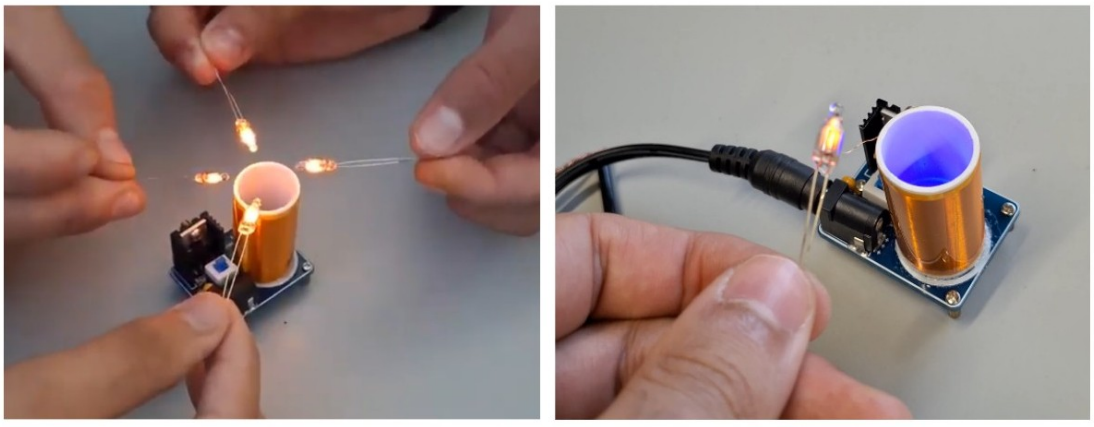
*Placa de circuito para a bobina de Tesla e montagem.*



Legenda: Dimensões da placa de circuito comparáveis ao tamanho de um polegar.

**Figura 7**

*Bobina de Tesla a acender lâmpadas sem fios condutores.*



Legenda: Os arcos voltaicos produzidos por esta bobina são de cerca de 1 mm e nem sempre aparecem. Tal se deve às pequenas dimensões do fio e das bobinas.

Devido às pequenas dimensões da mesma e à elevada temperatura do ferro de soldar, o trabalho é extremamente delicado, pelo que os alunos foram inicialmente alerta-

dos para os cuidados e regras de segurança a cumprir durante o desenrolar da montagem da bobina. Assim, os alunos devem:

- Arejar o laboratório devido ao fumo libertado pelo estanho fundido após o contacto com o ferro de soldar;
- Utilizar tampa de proteção para o ferro de soldar e suporte de apoio;
- Não tocar na ponta do ferro de soldar durante e imediatamente após o término do seu manuseamento.

Após ter o equipamento funcional, como representado na Figura 7, o segundo questionário foi implementado e seguiram-se as entrevistas.

### 2.4.4. Quarta fase – apresentação dos projetos

Como instrumento de avaliação para a disciplina de Física, todos os grupos de trabalho da turma tiveram de realizar uma apresentação dos respetivos projetos num dos auditórios da escola para diferentes turmas.

Nesta apresentação, os alunos relataram o que fizeram ao longo do projeto, enunciando alguns dos obstáculos aquando a realização do mesmo e os conceitos físicos que os sustentam, autoavaliando a experiência de cada um durante todo o trabalho desenvolvido ao longo do semestre.

No caso do Projeto Bobina, os seguintes pontos foram discutidos:

- Contextualização histórica desde os primórdios das aplicações da eletricidade até à construção do transformador ressonante por Nikola Tesla;
- Discussão sobre os trabalhos de Ørsted e Faraday;
- Descrição do funcionamento da bobina de Tesla;
- Relato da experiência do grupo durante o semestre em projeto, enunciando dificuldades enfrentadas;
- Passagem de um vídeo, gravado pelo grupo, retratando a evolução da montagem da bobina de Tesla.

**Figura 8**

*Apresentação do Projeto Bobina em auditório.*




Legenda: Apresentação feita pelos alunos do Projeto Bobina[6].

[6] Imagem desfocada para preservar o anonimato dos participantes.

# 3. Resultados e discussão

Os dados adquiridos pela administração dos questionários foram devidamente organizados em tabelas de frequências absolutas e representados em histogramas. Estas frequências absolutas indicam a contagem de respostas a cada grau de concordância escolhido para uma dada afirmação presente no questionário. Na grande maioria dos gráficos, os resultados da fase anterior e posterior ao projeto de cada grupo encontram-se lado a lado e propriamente identificados para comparação e conveniência de análise.

Todos os dados recolhidos encontram-se no Anexo B – Recolha de Dados.

## 3.1. Perceção de competências

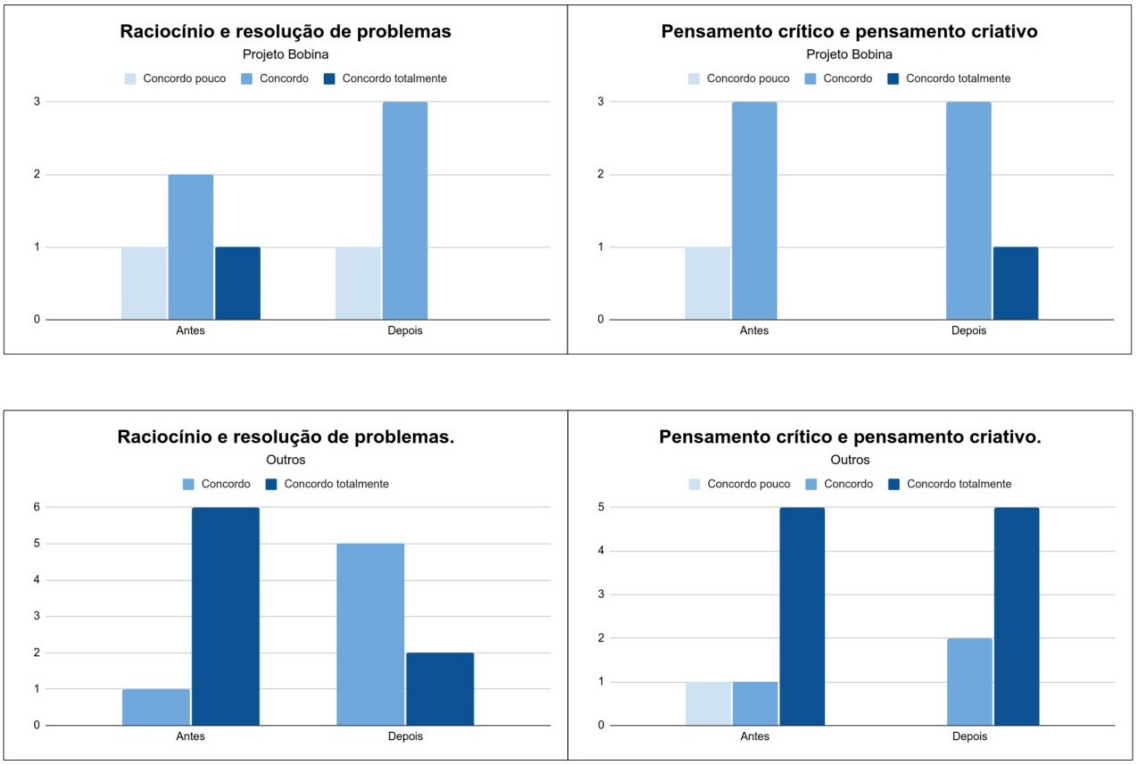
Começando pelos resultados associados às áreas de competências dos alunos conforme o PASEO (DGE, 2017), apresenta-se aqui alguns dos resultados mais interessantes.

Como é possível verificar pelo gráfico presente na Figura 9, os alunos, tanto no Projeto Bobina e no Outros, houve uma descida significativa na sua perceção em *raciocínio e resolução de problemas* e uma subida no *pensamento crítico e pensamento criativo* entre as fases pré-projeto e pós-projeto. Dada a natureza autocrítica consequente de um EBPj intrinsecamente centrado no aluno (Saldo & Walag, 2020), os alunos são confrontados com problemas e obstáculos que devem resolver autonomamente, o que levou a uma perceção mais turbulenta sobre as suas capacidades cognitivas em resolução de problemas. Todavia, este resultado pode ser justificado por uma autoavaliação mais positiva e otimista acerca das suas capacidades de pensamento crítico e criatividade.

Então, existe uma relação entre ambos os parâmetros, o que leva a concluir, para este estudo, que um EBPj resulta numa perceção crítica dos alunos acerca da sua própria capacidade de raciocínio e de resolver problemas impostos aquando a resolução autónoma de determinadas tarefas, que era, inicialmente, mais positiva, tendo um efeito "disruptivo" nesta turma, expostos pela primeira vez a um EBPj e habituados a formas de ensino mais convencionais (Maida, 2011), exigindo, portanto, maior criatividade para garantir o desenvolvimento do projeto que lhes compete.

**Figura 9**

*Perceção dos alunos nos âmbitos de "raciocínio e resolução de problemas" e "pensamento crítico e pensamento criativo".*




Legenda: Comparação entre amostras na vertical; comparação entre áreas de competências, numa dada amostra, na horizontal.

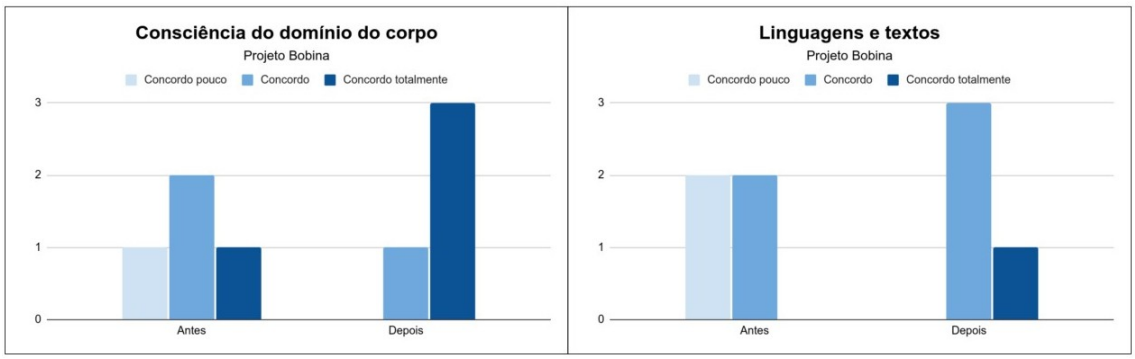
Em relação às restantes áreas de competência, os resultados não são consideravelmente divergentes e diferenciados, tanto entre grupos, como entre fases de implementação, como é possível verificar pelos gráficos presentes no Anexo B – Recolha de Dados, impossibilitando uma análise fundamentada na evolução da perceção dos alunos dentro desses parâmetros. No entanto, exclusivamente ao Projeto Bobina, existiu uma evolução clara na noção sobre a *consciência de domínio de corpo* e *linguagens e textos* (Figura 10).

As razões pela quais se registou esta notória melhoria devem-se, respetivamente, às atividades práticas realizadas (montagem da bobina de Tesla e garrafa de Leyden) e à análise de conteúdo com teor histórico (documentário e texto sobre Nikola Tesla). Adicionalmente, um acompanhamento ativo, em conjunto com *feedback* imediato (Saldo & Walag, 2020), também auxiliaram nesse processo, criando uma dinâmica construtiva, espontânea e facilitadora para a aprendizagem; algo valorizado e mencionado pe-

los alunos segundo as entrevistas efetuadas (Anexo B.5. – Entrevista 3), mencionado um deles, por exemplo: "(...) *foi diferente da abordagem de um professor convencional* (...), *uma aula um 'bocadinho' mais interativa com os alunos. E eu acho que foi isso que fez mudar a aula*.".

**Figura 10**

*Perceção dos alunos em "consciência de domínio de corpo" e "linguagens e textos".*




Ainda sobre competências práticas[7], os restantes grupos também consideram que estas foram desenvolvidas após a realização dos seus projetos, como é possível verificar pela Figura 11.

## 3.2. Perceção da aprendizagem do Projeto Bobina

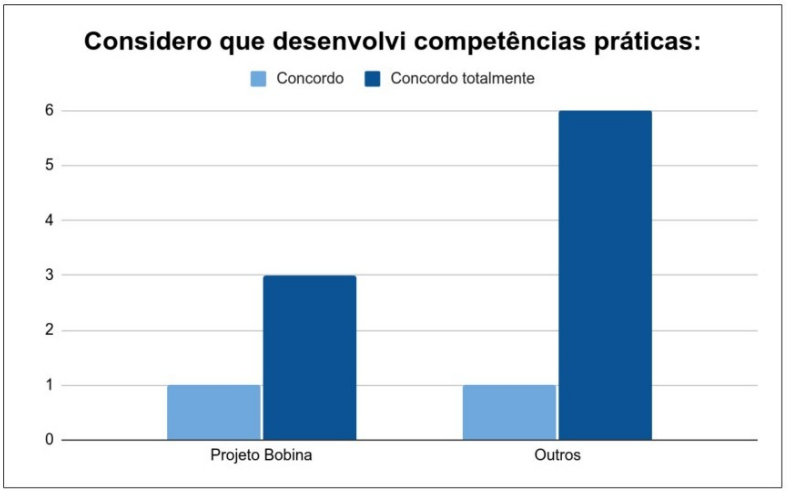
Inicialmente, podendo confirmar pela Figura 12, os alunos do Projeto Bobina dizem sentir-se confortáveis com os conteúdos anteriormente abordados.

O desconforto mais evidente relativamente à indução eletromagnética (Lei de Faraday) indica, à partida, que os alunos ainda têm pouca confiança no entendimento conceptual na relação entre campos elétricos e magnéticos, embora, isoladamente, consideram que têm uma boa compreensão destes fenómenos. Durante o projeto e a dissecação do funcionamento da bobina de Tesla, a indução eletromagnética foi um dos principais focos de discussão e, analisando o gráfico presente na Figura 13, confirma-se que os participantes neste grupo de trabalho apresentam um entendimento mais claro sobre esta relação eletromagnética que se encontra na base da bobina de Tesla.

[7] Esta avaliação foi realizada separadamente, pelos motivos já referidos na secção 2.1.

**Figura 11**

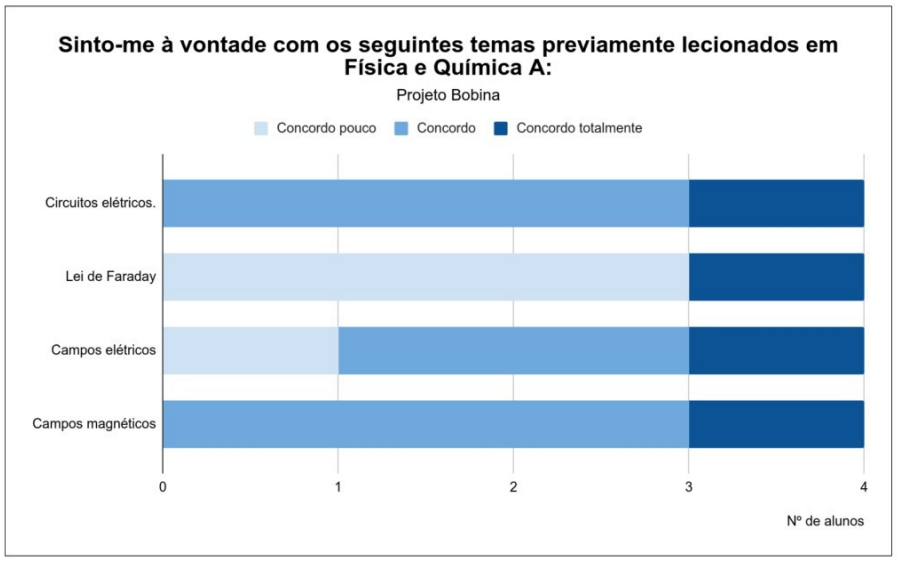
*Comparação entre amostras sobre a perceção no desenvolvimento de competências práticas.*




Legenda: Parâmetro avaliado somente na fase pós-projeto.

**Figura 12**

*Perceção da aprendizagem relativo a tópicos de anos anteriores.*

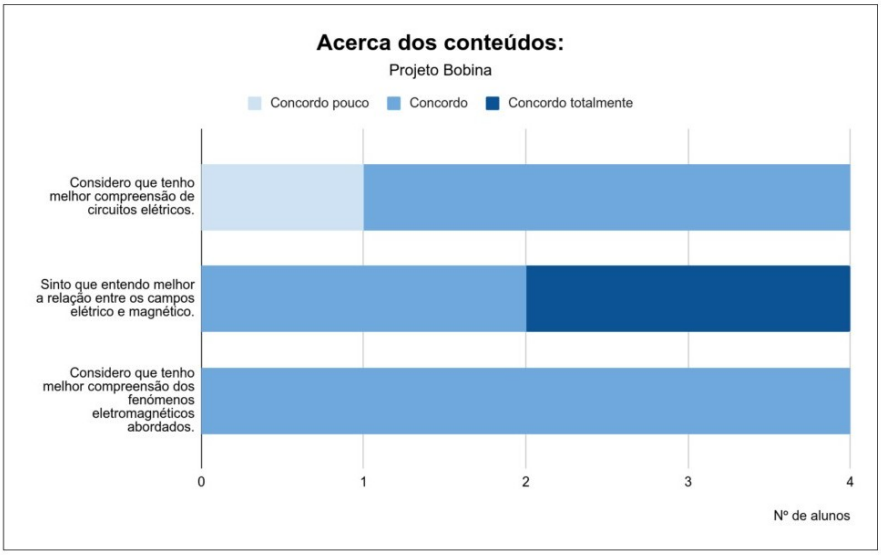



Legenda: Numa fase pré-projeto, verifica-se que os alunos sentem que têm melhor compreensão de circuitos elétricos e campos magnéticos, existindo um maior desconforto relativamente à Lei de Faraday e campos elétricos.

É de notar, contudo, que os alunos sentem que a sua aprendizagem e compreensão dos restantes conteúdos não foi assim tão significativa, o que leva a aferir que esta metodologia de ensino não teve um impacto muito significativo na perceção de aprendizagem dos alunos, exceto nos conceitos mais explorados e reforçados ao longo do desenvolvimento do projeto.

**Figura 13**

*Perceção da aprendizagem após a realização do projeto.*




Legenda: Apesar de os alunos responderem positivamente, os resultados geralmente não atingem o máximo grau de concordância, o que leva a crer que existem algumas hesitações ou ponderações por parte deles que é preciso ter em conta.

## 3.3. Motivação à aprendizagem com EBPj

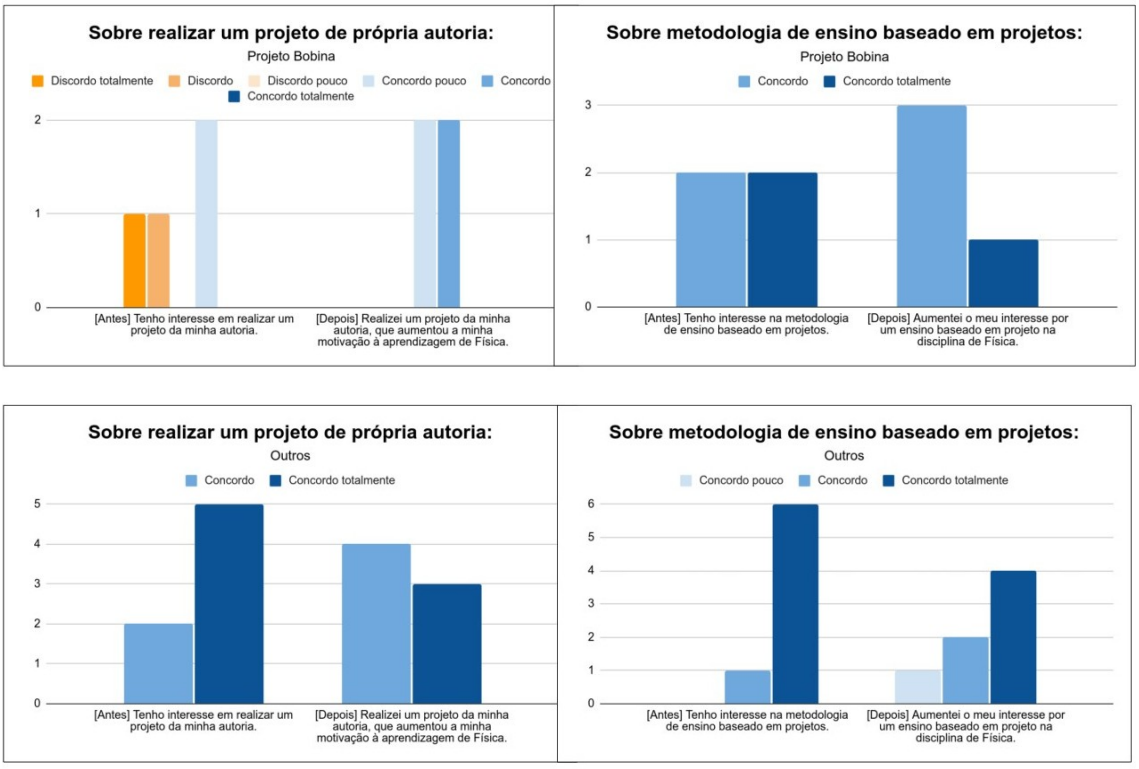
Pelos gráficos presentes à esquerda da Figura 14, de modo geral, os alunos tinham interesse em realizar um projeto que fosse de autoria própria em sala de aula, com a exceção dos alunos do Projeto Bobina, que apresentaram-se bem mais apreensivos. Porém, estes foram os que sofreram uma maior mudança de perceção, justificado pelo aumento da motivação à aprendizagem de Física, embora não atingindo o grau máximo de concordância. De acordo com o que também foi observado em sala de aula, os participantes deste projeto, inicialmente, apresentavam uma atitude passiva relativamente ao progresso do próprio trabalho, o que pode significar que os alunos não estariam interessados em ter a autonomia necessária para carregar a responsabilidade por

um projeto desenvolvido por eles próprios. Logo, a mudança de atitude perante um EBPj na fase pós-projeto evoluiu consideravelmente com o tempo.

Já os gráficos da direita indicam que os alunos apresentam interesse em EBPj em sala de aula e, após o decorrer do semestre, sentem que, não só aumentou o interesse por esta metodologia, como também a motivação à aprendizagem, algo notório e confirmado pelo que foi observado nas aulas; tanto pela forma como conduziam a pesquisa e investigação para os seus projetos, como pela organização e estrutura implementada por todos os membros. Cada aluno desempenhava um papel geralmente bem definido e jogavam de acordo com os seus atributos mais fortes para garantir uma estrutura sólida do grupo de trabalho e, enquanto confrontados com obstáculos desconfortáveis até então nunca expostos por métodos de ensino mais tradicionais[8].

**Figura 14**

*Motivação dos alunos para um EBPj, antes e após realizar o projeto.*




Legenda: Os gráficos da esquerda demonstram o interesse dos alunos em realizar um projeto de própria autoria e como afeta a motivação à aprendizagem de Física; os gráficos da direita

[8] Estes aspetos foram observados em sala de aula e registados nas notas de campo.

refletem sobre o interesse anterior em participar num EBPj e como este interesse se alterou após o projeto, avaliando também a motivação à aprendizagem.

## 3.4. As atividades práticas e dinamismo em aula

Durante as entrevistas (Anexo B.3. – Entrevista 1 a Anexo B.6. – Entrevista 4), foi reforçado pelos alunos do Projeto Bobina, de forma unânime, que um maior foco nas atividades práticas e uma maior interatividade com os alunos auxilia numa maior motivação à aprendizagem. Este é o aspeto que os alunos mais destacam e entendem que realmente impacta a aprendizagem e a respetiva motivação, não invalidando, porém, a necessidade de aprender os conceitos fundamentais que suportam as respetivas teorias ou leis.

Como já foi referido anteriormente, o papel de um docente focado no acompanhamento ativo dos alunos e facilitador da aprendizagem, ao invés de um professor que simplesmente expõe a informação, também contribui substancialmente à motivação para a aprendizagem, o que foi notório em sala de aula com EBPj, visto que o professor, está mais envolvido na interação com o aluno do que com a exposição do conteúdo.

Assim, gera-se um dinamismo ativo onde os alunos estão responsáveis e diretamente envolvidos na sua aprendizagem, desenvolvendo competências práticas e cognitivas no que toca à reflexão autocrítica que tem um efeito nas atitudes dos participantes (Bonwell & Eison, 1991), algo que é reforçado pelos gráficos anteriormente apresentados (Figura 9 a Figura 11) e pelas entrevistas.

# Conclusões

De acordo com as questões de investigação propostas referidas na secção 1.1, respetivamente, com este trabalho de investigação, retiram-se duas conclusões principais:

- Esta proposta de ensino ativa contribui para uma maior motivação à aprendizagem;
- Os alunos compreendem que um EBPj contribuiu, positivamente, para o desenvolvimento de competências, embora não tenha um impacte significativo na perceção da aprendizagem.

## Sobre o desenvolvimento de competências

Todos os participantes em ambas as amostras entendem que houve uma melhoria na capacidade de pensamento crítico e criativo, traduzindo-se num julgamento mais crítico acerca das suas habilidades no que toca à resolução de problemas e raciocínio. Adicionalmente, todos consideram que desenvolveram competências práticas no decorrer do semestre em projeto.

Os dados obtidos pela amostra principal também indicam que os alunos avaliam positivamente o seu domínio corporal e a capacidade de interpretação de textos e documentos, devido às atividades práticas realizadas e análise de conteúdo histórico, respetivamente.

## Sobre a aprendizagem

Ao contrário do que concluem Samsudin et al. (2020), neste caso, os alunos, embora tenham desenvolvido novas competências e a perceção de melhoria de alguns atributos, conclui-se, com este trabalho, que um EBPj não tem um efeito muito significativo na perceção de aprendizagem dos alunos, ou seja, que esta proposta de ensino contribuiu pouco para uma melhor compreensão dos conteúdos abordados. É relevante, contudo, salientar estes resultados estão confinados a uma pequena amostra.

Por outro lado, em convergência com o estudo de Safaruddin et al. (2020), realmente um EBPj contribui para uma maior motivação para a aprendizagem na disciplina de Física, como também a realização de um projeto de autoria dos próprios alunos também apresenta um efeito significativo nesse sentido. Estes conclusões são reforçadas pelo que foi observado em aula: uma exigência elevada de autonomia por parte dos alunos e a envolvência ativa dentro do próprio projeto contribuem para uma construção de conhecimento mais personalizada e, graças também ao dinamismo interativo entre pro-

fessor-aluno autêntico e a realização de atividades práticas, os alunos consideram que realmente um EBPj ajuda a motivar mais os alunos para a sua própria aprendizagem.

## Considerações Futuras

Sempre desejei realizar aulas cativantes como aquelas que aparecem nos filmes, onde os professores se colocam ao nível dos alunos e geram um ambiente democrático em sala de aula, como também sempre desejei aulas com um foco mais aprofundado no dinamismo prático e experimental. Um EBPj ajudou a realizar algumas das ambições inerentes a esses desejos, pelo que tenciono a continuar a implementar em futuras aulas, nem que seja em ambiente extracurricular. É uma proposta de trabalho desafiante, porém gratificante e que merece ser considerada na escola pública em maior escala, onde cada vez mais se discutem propostas de ensino ativo para motivar os alunos à aprendizagem e ao desenvolvimento de competências adequadas às ambições profissionais e pessoais de cada um, algo que um EBPj permite enquadrar.

Espero conseguir voltar a implementar esta metodologia em sala de aula e, possivelmente, realizar uma investigação dentro de parâmetros semelhantes, embora com uma amostra maior e orientação grupos de trabalho diversos com projetos diferenciados.

# Referências Bibliográficas

Arthury, L. H. M., Paganelli, E., Neto, L. G., & Dums, E. H. (2022). Uma Bobina de Tesla de alta potência para o ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *44*. https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0059

Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods* (5.ª ed.). Pearson Education.

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. *ASHE-ERIC Higher Education Report*, *1*. http://bit.ly/2k6i5Aw

Direção Geral da Educação. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Direção Geral da Educação. (2018a). *Aprendizagens Essenciais – Articulação com o Perfil dos Alunos, 10.º ano, Ensino Secundário, Física e Química A.* https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/10_fq_a.pdf

Direção Geral da Educação. (2018b). *Aprendizagens Essenciais – Articulação com o Perfil dos Alunos, 11.º ano, Ensino Secundário, Física e Química A.* https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/11_fq_a.pdf

Direção Geral da Educação. (2018c). *Aprendizagens Essenciais – Articulação com o Perfil dos Alunos, 12.º ano, Ensino Secundário, Física.* https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/12_fisica.pdf

Dias, V. S., & Martins, R. de A. (2004). Michael Faraday: O caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. *Ciência & Educação*, *10*(3), 517–530.

Grossman, P., Dean, C. G. P., Kavanagh, S. S., & Herrmann, Z. (2019). Preparing teachers for project-based teaching. *Phi Delta Kappan*, *100*(7), 43–48. https://doi.org/10.1177/0031721719841338

Hewitt, P. (2015). *Conceptual Physics* (12.ª ed.). Pearson Education.

Jardim, W. T., Guerra, A., & Schiffer, H. (2021). History of Science in Physics Teaching—Possibilities for Contextualized Teaching? *Science & Education*, *30*, 609–638. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00191-x

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 22 140,* 55.

Maida, C. (2011). Project-Based Learning: A Critical Pedagogy for the Twenty-First Century. *Policy Futures in Education*, *9*, 759. https://doi.org/10.2304/pfie.2011.9.6.759

Mertens, D. M. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology* (3.ª ed.). SAGE Publications, Inc.

Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational Research*. Pearson Education.

Mohajan, H. K. (2020). The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments. *American Institute of Science*, *6*(1), 1–14.

O'Neill, J. (2007). *Prodigal Genius—The Life of Nikola Tesla* (Vol. 1). The Book Tree.

Perez, D. G., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, *7*(2), 125–153.

Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real World Research* (4.ª ed.). John Wiley & Sons Ltd.

Safaruddin, S., Ibrahim, N., Juhaeni, J., Harmilawati, H., & Qadrianti, L. (2020). The Effect of Project-Based Learning Assisted by Electronic Media on Learning Motivation and Science Process Skills. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, *1*(1), Artigo 1. https://doi.org/10.46843/jiecr.v1i1.5

Saldo, I. J. P., & Walag, A. M. P. (2020). Utilizing Problem-Based and Project-Based Learning in Developing Students' Communication and Collaboration Skills in Physics. *American Journal of Educational Research*, *8*(5), 232–237. https://doi.org/10.12691/education-8-5-1

Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Md Zain, A. N., & Ale Ebrahim, N. (2020). *The Effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy Among High-School Physics Students* (SSRN Scholarly Paper 3574024). https://doi.org/10.2139/ssrn.3574024

Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (2008). *PHYSICS for Scientists and Engineers with Modern Physics* (7.ª ed.). Thomson Brooks/Cole.

Studart, N. (2019). Inovando a Ensinagem de Física com Metodologias Ativas. *Revista do Professor de Física*, *3*(3), 1–24.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics for Scientists and Engineers* (6.ª ed., Vol. 2). W. H. Freeman and Company.

Tuckman, B. W., & Harper, B. E. (2012). *Conducting Educational Research* (6.ª ed.). Rowman & Littlefield Publishers, Inc.

# Anexo A – Instrumentos de Recolha de Dados

## Anexo A.1. - Questionário Pré-Projeto (Projeto Bobina)

### Questionário [Pré-Projeto, Grupo Eletromagnetismo]

Este questionário serve como um instrumento de recolha de dados relevantes ao estudo sobre metodologia de ensino baseada em projeto. É garantida a confidencialidade de todas as respostas. Por necessidade de relacionar as respostas dadas antes e depois da realização do projeto, existe um código apenas para identificar os pares de respostas.

**Código de identificação**

Crie o código usando a imagem que se segue:

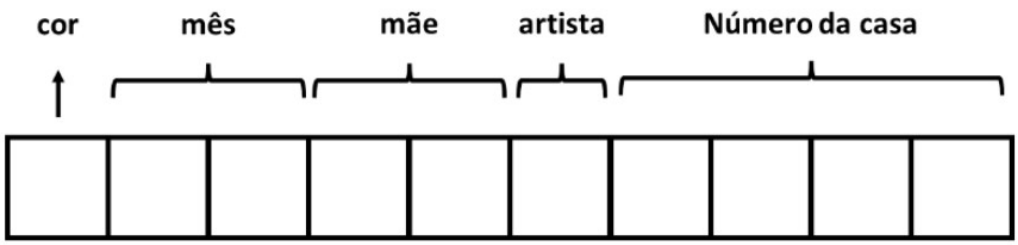
Cor (primeira letra da cor preferida; mês (o número do mês do aniversário da **mãe**); mãe (as duas primeiras letras do nome da **mãe**); artista (a primeira letra do **artista preferido**); número da casa/prédio (os quatro primeiros algarismos **da porta da casa/prédio**).

[redacted] Mudar de conta

Não partilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Estrutura do código:



**Código de Identificação** *

A sua resposta

**Antes de realizar projeto:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tenho interesse pela História da Física. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sei o que uma é a Bobina de Tesla. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Conheço os trabalhos experimentais de Faraday. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Conheço os trabalhos experimentais de Oersted. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tenho interesse em realizar um projeto da minha autoria. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Tenho interesse na realização de atividades práticas de projetos | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Tenho interesse na metodologia de ensino baseado em projetos. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sei soldar em placas de circuito. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

**Considero que apresento competências no âmbito de:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Relacionamento interpessoal. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Saber científico e tecnológico. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Raciocínio e resolução de problemas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Pensamento crítico e pensamento criativo. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Linguagens e textos (por exemplo, dominar capacidades de compreensão e de expressão nas modalidades | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Consciência do domínio do corpo (por exemplo, coordenação motora, etc). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Informação e comunicação. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Desenvolvimento pessoal e autonomia. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## Anexo A.2. – Questionário Pré-Projeto (Outros)

# Questionário [Pré-Projeto, Geral ]

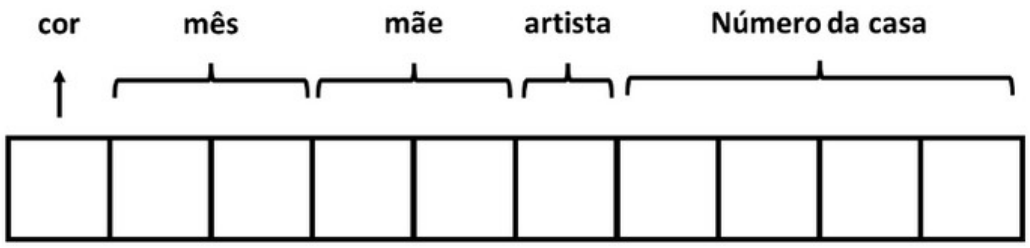
Este questionário serve como um instrumento de recolha de dados relevantes ao estudo sobre metodologia de ensino baseada em projeto. É garantida a confidencialidade de todas as respostas. Por necessidade de relacionar as respostas dadas antes e depois da realização do projeto, existe um código apenas para identificar os pares de respostas.

**Código de identificação**

Crie o código usando a imagem que se segue:

Cor (primeira letra da cor preferida; mês (o número do mês do aniversário da **mãe**); mãe (as duas primeiras letras do nome da **mãe**); artista (a primeira letra do **artista preferido**); número da casa/prédio (os quatro primeiros algarismos **da porta**)

Estrutura do código:




**Código de Identificação** *

A sua resposta

**Antes de realizar projeto:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tenho interesse em realizar um projeto da minha autoria. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Tenho interesse na realização de atividades práticas de projetos | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Tenho interesse na metodologia de ensino baseado em projetos. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

**Considero que apresento competências no âmbito de:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Relacionamento interpessoal. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Saber científico e tecnológico. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Raciocínio e resolução de problemas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Pensamento crítico e pensamento criativo. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Informação e comunicação. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Desenvolvimento pessoal e autonomia. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## Anexo A.3. – Questionário Pós-Projeto (Projeto Bobina)

# Questionário [Pós-Projeto, Grupo Eletromagnetismo]

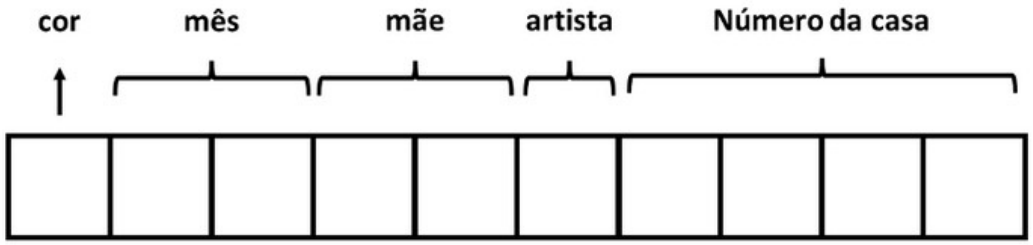
Este questionário serve como um instrumento de recolha de dados relevantes ao estudo sobre metodologia de ensino baseada em projeto. É garantida a confidencialidade de todas as respostas. Por necessidade de relacionar as respostas dadas antes e depois da realização do projeto, existe um código apenas para identificar os pares de respostas.

**Código de identificação**

Crie o código usando a imagem que se segue:

Cor (primeira letra da cor preferida; mês (o número do mês do aniversário da **mãe**); mãe (as duas primeiras letras do nome da **mãe**); artista (a primeira letra do **artista preferido**); número da casa/prédio (os quatro primeiros algarismos **da porta da casa/prédio**).

Estrutura do código:




**Código de Identificação** *

A sua resposta

Após a realização do projeto: *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aumentei o meu interesse por um ensino baseado em projeto na disciplina de Física | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Realizei um projeto da minha autoria, que aumentou a minha motivação à aprendizagem de Física. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto que desenvolvi competências práticas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de Física. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto que auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

Após a construção da Bobina de Tesla: *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sinto que me tornei mais consciente do caráter evolutivo da ciência. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto que entendo melhor a relação entre os campos elétrico e magnético. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Aumentei o meu interesse pela História de Nikola Tesla. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Considero que desenvolvi competências práticas durante a sua construção (por exemplo, soldar numa placa de circuito). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Considero que tenho melhor compreensão de circuitos elétricos. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Considero que tenho melhor compreensão dos fenómenos eletromagnéticos abordados. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de conteúdos sobre eletromagnetismo. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Gostei de trabalhar com uma abordagem mista entre História da Física e atividades práticas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

**Considero que apresento competências no âmbito de:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Relacionamento interpessoal. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Saber científico e tecnológico. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Raciocínio e resolução de problemas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Pensamento crítico e pensamento criativo. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Informação e comunicação. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Desenvolvimento pessoal e autonomia. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Linguagens e textos (por exemplo, dominar capacidades de compreensão e de expressão nas modalidades | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Consciência do domínio do corpo (por exemplo, coordenação motora, etc). | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## Anexo A.4. – Questionário Pós-Projeto (Outros)

# Questionário [Pós-Projeto, Geral]

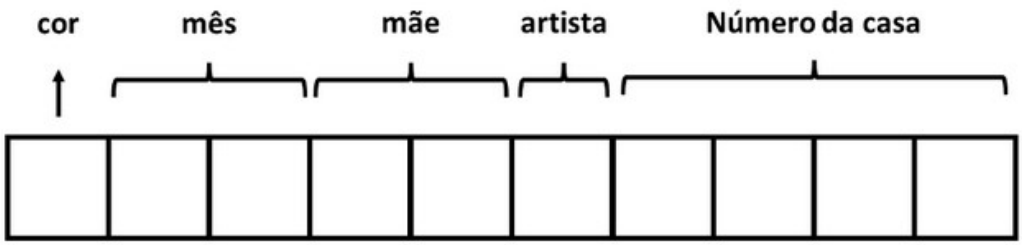
Este questionário serve como um instrumento de recolha de dados relevantes ao estudo sobre metodologia de ensino baseada em projeto. É garantida a confidencialidade de todas as respostas. Por necessidade de relacionar as respostas dadas antes e depois da realização do projeto, existe um código apenas para identificar os pares de respostas.

**Código de identificação**

Crie o código usando a imagem que se segue:

Cor (primeira letra da cor preferida; mês (o número do mês do aniversário da **mãe**); mãe (as duas primeiras letras do nome da **mãe**); artista (a primeira letra do **artista preferido**); número da casa/prédio (os quatro primeiros algarismos **da porta da casa/prédio**).

Estrutura do código:




**Código de Identificação** *

A sua resposta

Após a realização do projeto: *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aumentei o meu interesse por um ensino baseado em projeto na disciplina de Física | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Realizei um projeto da minha autoria, que aumentou a minha motivação à aprendizagem de Física. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto que desenvolvi competências práticas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de Física. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Sinto que auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

**Considero que apresento competências no âmbito de:** *

| | Discordo totalmente | Discordo | Discordo pouco | Concordo pouco | Concordo | Concordo totalmente |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Relacionamento interpessoal. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Saber científico e tecnológico. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Raciocínio e resolução de problemas. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Pensamento crítico e pensamento criativo. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Informação e comunicação. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Desenvolvimento pessoal e autonomia. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## Anexo A.5. – Questões de Entrevista

| Questão | Objetivo |
|---|---|
| 1. Antes de iniciar os estudos sobre eletromagnetismo:<br>1. Já tinhas ouvido falar sobre Oersted, Faraday e Tesla?<br>2. Sabias que o fenómenoda indução eletromagnéticaestá por trás da maioria de nossa atual tecnologia de produção e distribuição de energia elétrica? | Perceber se personagens importantes no desenvolvimento da ciência são conhecidos, assim como princípios da física que estão no centro de diversas tecnologias. |
| 2. Gostarias de conhecer melhor estes cientistas? Gostarias que mais figuras históricas da ciência fossem abordadas nas aulas de física? | Complementar a questão anterior, conhecendo melhor a perceção do aluno a respeito da importância de se conhecer personagens determinantes no desenvolvimento da ciência. |
| 3.Gostarias que mais tópicos de física fossem estudados na escola com um contexto histórico? Comenta a tua posição sobre a importância de discussões históricas para ti. | Questão análoga à anterior, mas com uma abertura para a História da Ciência em geral. |
| 4. Na tua opinião, qual a importância de se desenvolver atividades práticas para se aprender física? | Perceber a posição do aluno em relação às atividades práticas no ensino. |
| 5. Ao longo do teu projeto, tiveste contacto com questões históricas e também com experiências ilustrando os principais conceitos estudados. | Avaliar a receção do aluno em relação às atividades realizadas; perceber se o aluno dá algum peso de relevância maior ou menor para cada enquadramento, e o possível impacte das atividades realizadas em sua posição. |

| | |
|---|---|
| 1. Gostaste de estudar esse tópico de eletromagnetismo com essa abordagem mista (história e experimentação)?<br>2. Atribuirias algum peso (relevância) entre as questões mais históricas, concetuais e as experimentais no estudo de Física?<br>3. Em que medida as atividades realizadas influenciaram a tua resposta no item anterior? | |
| 6. Como descreverias a relação entre a teoria e a experimentação na área da Física? Este projeto contribuiu para a alteração da tua perceção perante esta relação? Se sim, de que forma? | Conhecer a visão do aluno sobre a natureza da atividade científica (Física) em relação aos aspetos teóricos (conceitos, leis, teorias) e experimentais. |
| 7. Como avalias/descreves a tua aprendizagem ao longo das atividades em projeto? | Avaliar a autoperceção da aprendizagem |

# Anexo A.6. – Declaração de Consentimento e Assentimento

**CONSENTIMENTO INFORMADO – Atividade: Ensino Baseado em Projeto**

## Consentimento informado

No âmbito de uma Investigação em Ensino da Física, será aplicado um questionário, anónimo, a alunos da Escola Secundária Inês de Castro, em Vila Nova de Gaia, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos. Os professores Rui Campos e Rui Moutinho são os responsáveis pela elaboração do referido questionário, sendo que os dados resultantes da participação dos alunos servirão para avaliar a perceção dos alunos sobre as competências e motivações por uma metodologia de ensino baseada em projeto.

Nenhum aluno será beneficiado ou prejudicado por aceitar ou recusar participar no estudo e em qualquer momento do processo, se algum aluno sentir que deseja alterar a decisão tomada, poderá fazê-lo.

Agradecemos a colaboração do seu (sua) educando (a) e a sua pelo que solicitamos uma declaração de autorização para os devidos efeitos (ver abaixo p. f.).

_____, encarregado (a) de educação do (a) aluno (a) _____ para os devidos e legais efeitos, declara autorizar, graciosamente, a participação do seu (sua) educando (a) em estudo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, o que inclui a resposta, de forma anónima, a questionários.

_____

Assinatura

**ASSENTIMENTO INFORMADO – Atividade: "Eletromagnetismo clássico – um estudo histórico-epistemológico e experimental"**

## Assentimento informado

No âmbito de uma Investigação em Ensino da Física, será aplicado um questionário, cujas respostas permanecerão confidenciais, a alunos da Escola Secundária Inês de Castro, em Vila Nova de Gaia, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos. Os Professores Rui Campos e Rui Moutinho são os responsáveis pela elaboração do referido questionário, sendo que os dados resultantes da participação dos alunos servirão para avaliar a perceção dos alunos sobre a sua participação num projeto sobre eletromagnetismo clássico no âmbito do ensino da Física.

Nenhum aluno será beneficiado ou prejudicado por aceitar ou recusar participar no estudo e em qualquer momento do processo, se algum aluno sentir que deseja alterar a decisão tomada, poderá fazê-lo.

Agradecemos a sua colaboração!

Eu (aluno/a), _____
(Nome), li, compreendo e aceito participar no estudo segundo as condições acima mencionadas.

_____
Assinatura

# Anexo B – Recolha de Dados

## Anexo B.1. – Questionários (Projeto Bobina)

**Tabela I** – *Dados gerais recolhidos no primeiro questionário para o Projeto Bobina.*

| Antes de realizar o projeto... | Tenho interesse pela História da Física. | Sei o que uma é a Bobina de Tesla. | Conheço os trabalhos experimentais de Faraday. | Tenho interesse em realizar um projeto da minha autoria. | Tenho interesse na realização de atividades práticas de projetos. | Tenho interesse na metodologia de ensino baseado em projetos. | Sei soldar em placas de circuito. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| Concordo | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Concordo pouco | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

**Figura I** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela I.*

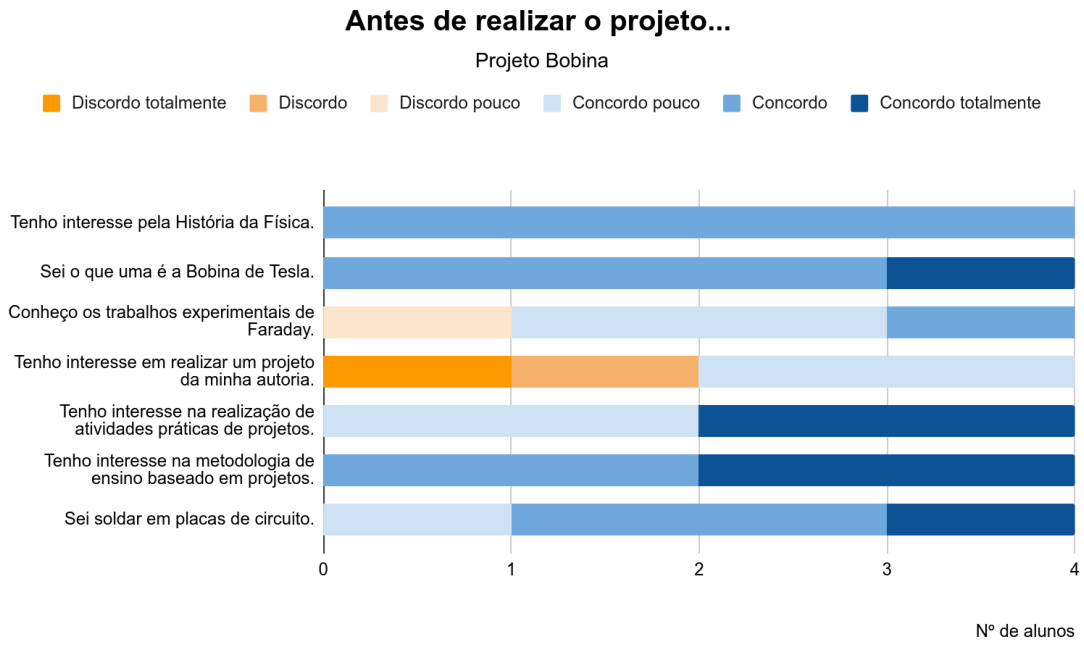


**Tabela II** – *Dados recolhidos no primeiro questionário para o Projeto Bobina acerca dos conteúdos.*

| Sinto-me à vontade com os seguintes temas previamente lecionados em Física e Química A: | Circuitos elétricos. | Lei de Faraday | Campos elétricos | Campos magnéticos |
|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Concordo | 3 | 0 | 2 | 3 |
| Concordo pouco | 0 | 3 | 1 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Tabela III** – *Dados recolhidos no primeiro questionário para o Projeto Bobina sobre a perceção de competências.*

| Considero que apresento competências no âmbito de: | Relacionamento interpessoal. | Saber científico e tecnológico | Raciocínio e resolução de problemas. | Pensamento crítico e pensamento criativo. | Linguagens e textos | Consciência do corpo | Informação e comunicação. | Desenvolvimento pessoal e autonomia. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| Concordo | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Concordo pouco | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura II** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela III.*

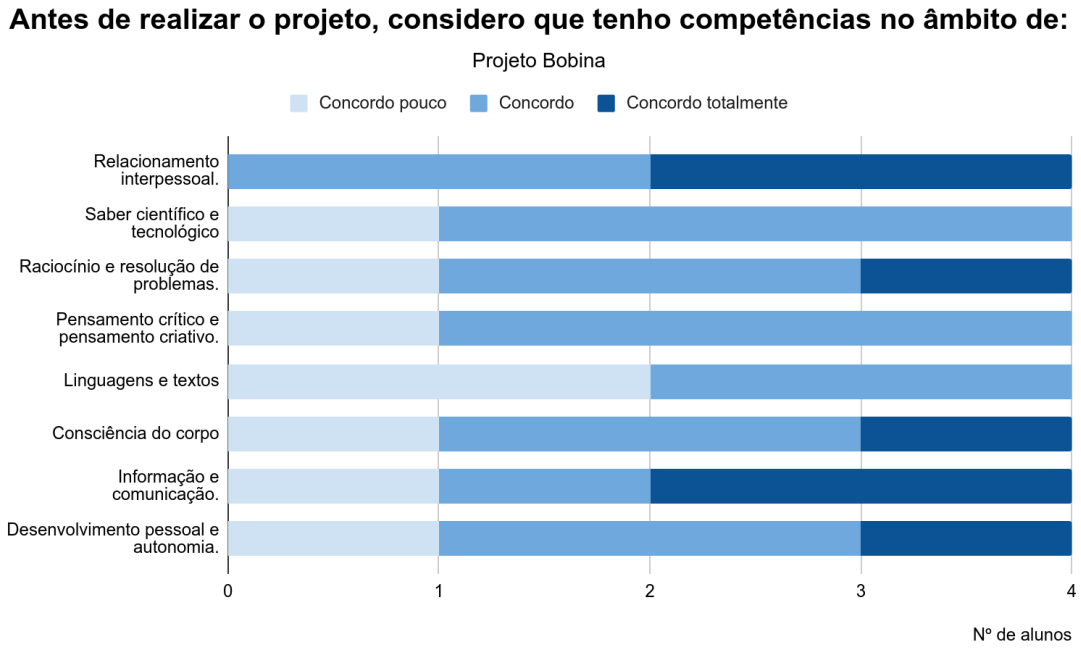


**Tabela IV** – *Dados gerais recolhidos no segundo questionário para o Projeto Bobina.*

| Após a realização do projeto/Após a construção da bobina de Tesla: | Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de Física. | Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de conteúdos sobre eletromagnetismo. | Aumentei o meu interesse por um ensino baseado em projeto na disciplina de Física | Realizei um projeto da minha autoria, que aumentou a minha motivação à aprendizagem de Física. |
|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Concordo | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Concordo pouco | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Após a realização do projeto/Após a construção da bobina de Tesla: | Sinto que auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados. | Aumentei o meu interesse pela História de Nikola Tesla | Gostei de trabalhar com uma abordagem mista entre História da Física e atividades práticas. | Considero que desenvolvi competências práticas durante a sua construção (por exemplo, soldar numa placa de circuito) |
|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 0 | 1 | 4 | 3 |
| Concordo | 3 | 2 | 0 | 1 |
| Concordo pouco | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura III** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela IV.*

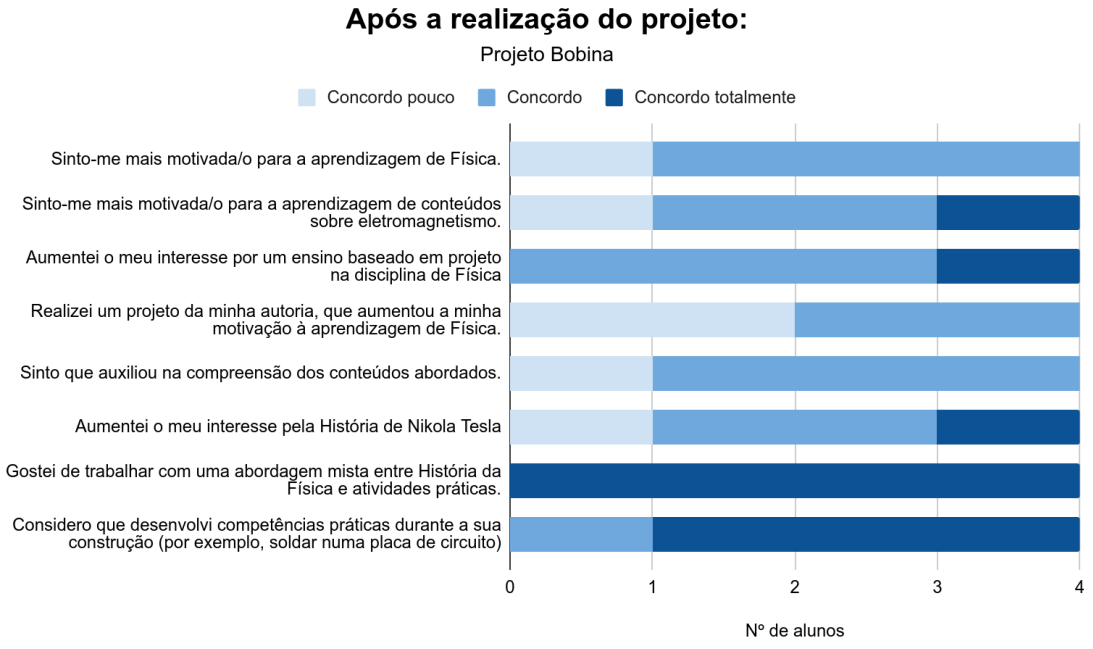


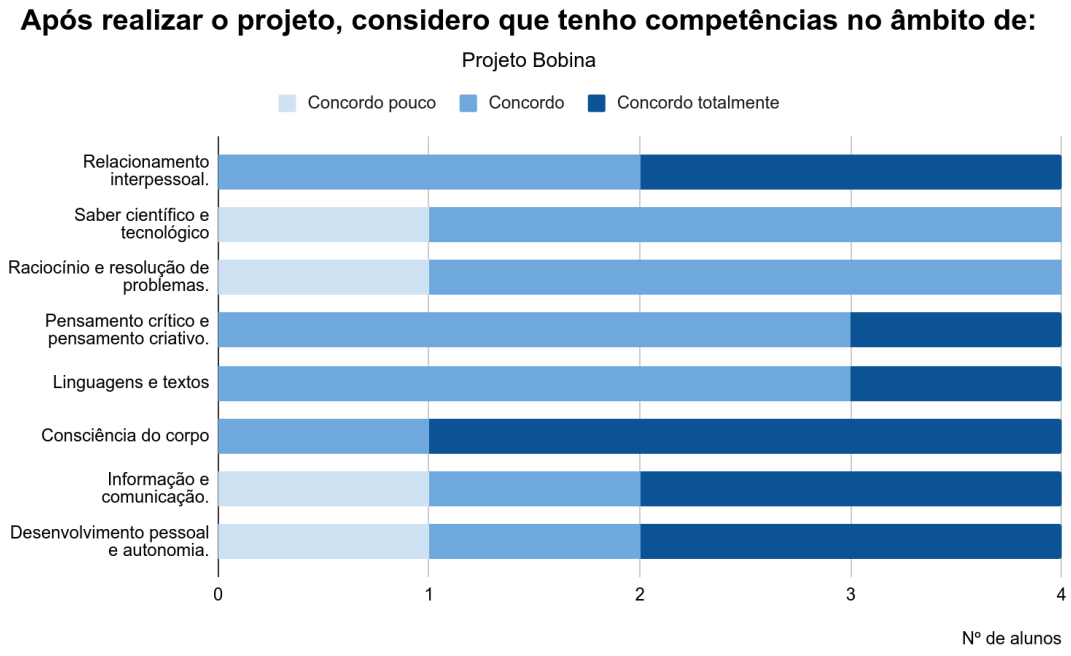
**Tabela V** – *Dados recolhidos no segundo questionário para o Projeto Bobina acerca dos conteúdos.*

| Acerca dos conteúdos: | Considero que tenho melhor compreensão de circuitos elétricos. | Sinto que entendo melhor a relação entre os campos elétrico e magnético. | Considero que tenho melhor compreensão dos fenómenos eletromagnéticos abordados. |
|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 0 | 2 | 0 |
| Concordo | 3 | 2 | 4 |
| Concordo pouco | 1 | 0 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 |

**Tabela VI** – *Dados recolhidos no segundo questionário para o Projeto Bobina sobre a perceção de competências.*

| Considero que apresento competências no âmbito de: | Relacionamento interpessoal. | Saber científico e tecnológico | Raciocínio e resolução de problemas. | Pensamento crítico e pensamento criativo. | Linguagens e textos | Consciência do corpo | Informação e comunicação. | Desenvolvimento pessoal e autonomia. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| Concordo | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Concordo pouco | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura IV** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela VI.*



# Anexo B.2. – Questionários (Outros)

**Tabela VII** - *Dados gerais recolhidos no primeiro questionário para o Outros.*

| Antes de realizar o projeto... | Tenho interesse em realizar um projeto da minha autoria. | Tenho interesse na realização de atividades práticas de projetos | Tenho interesse na metodologia de ensino baseado em projetos |
|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 5 | 4 | 6 |
| Concordo | 2 | 3 | 1 |
| Concordo pouco | 0 | 0 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 |

**Figura IV** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela VII.*

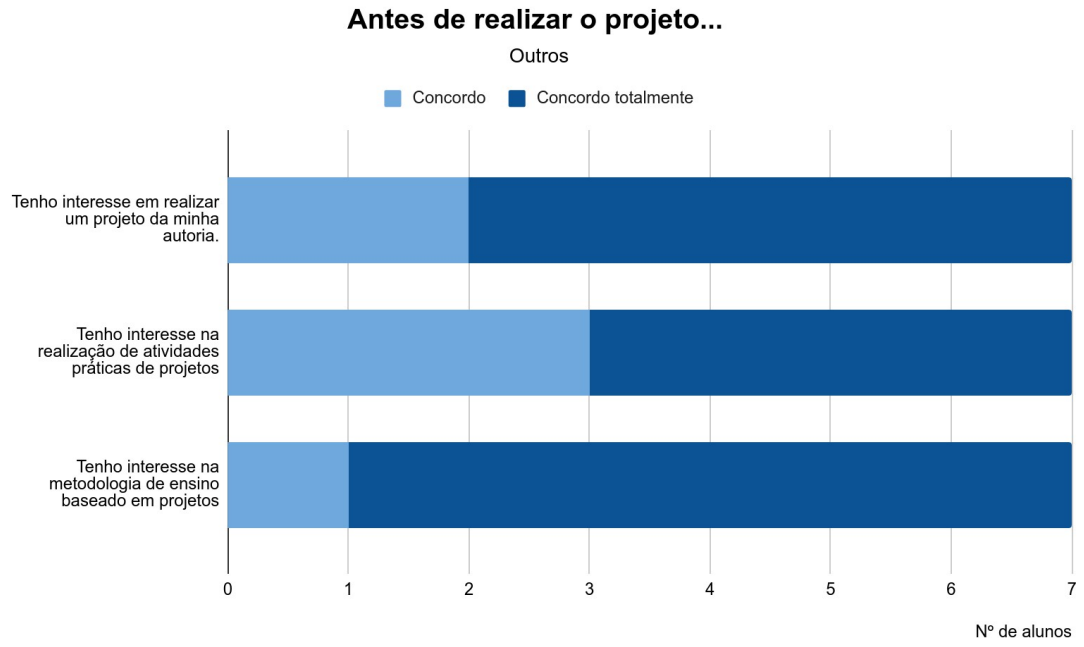



**Tabela VIII** – *Dados recolhidos no primeiro questionário para o Outros sobre a perceção de competências.*

| Considero que apresento competências no âmbito de: | Relacionamento interpessoal. | Saber científico e tecnológico | Raciocínio e resolução de problemas. | Pensamento crítico e pensamento criativo. | Informação e comunicação. | Desenvolvimento pessoal e autonomia. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 5 | 3 | 6 | 5 | 3 | 4 |
| Concordo | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Concordo pouco | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura V** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela VIII.*

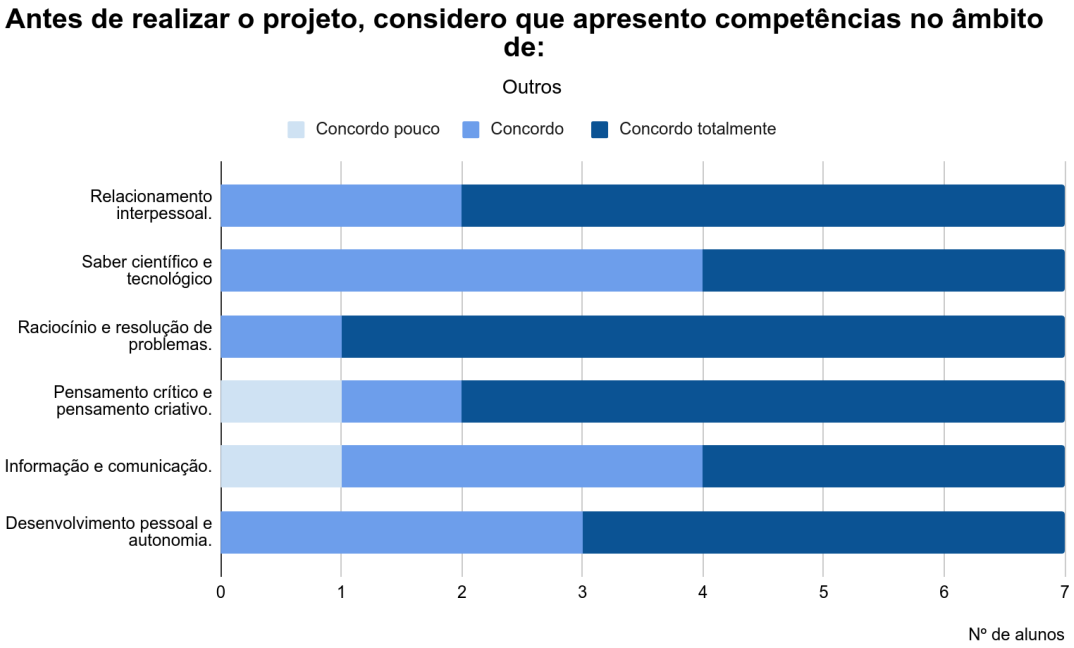



**Tabela IX** - *Dados gerais recolhidos no segundo questionário para o Outros.*

| Após realizar o projeto... | Aumentei o meu interesse por um ensino baseado em projeto na disciplina de Física | Realizei um projeto da minha autoria, que aumentou a minha motivação à aprendizagem de Física. | Sinto que desenvolvi competências práticas. | Sinto-me mais motivada/o para a aprendizagem de Física. | Sinto que auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados. |
|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 4 | 3 | 6 | 3 | 3 |
| Concordo | 2 | 4 | 1 | 4 | 3 |
| Concordo pouco | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura VI** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela IX.*

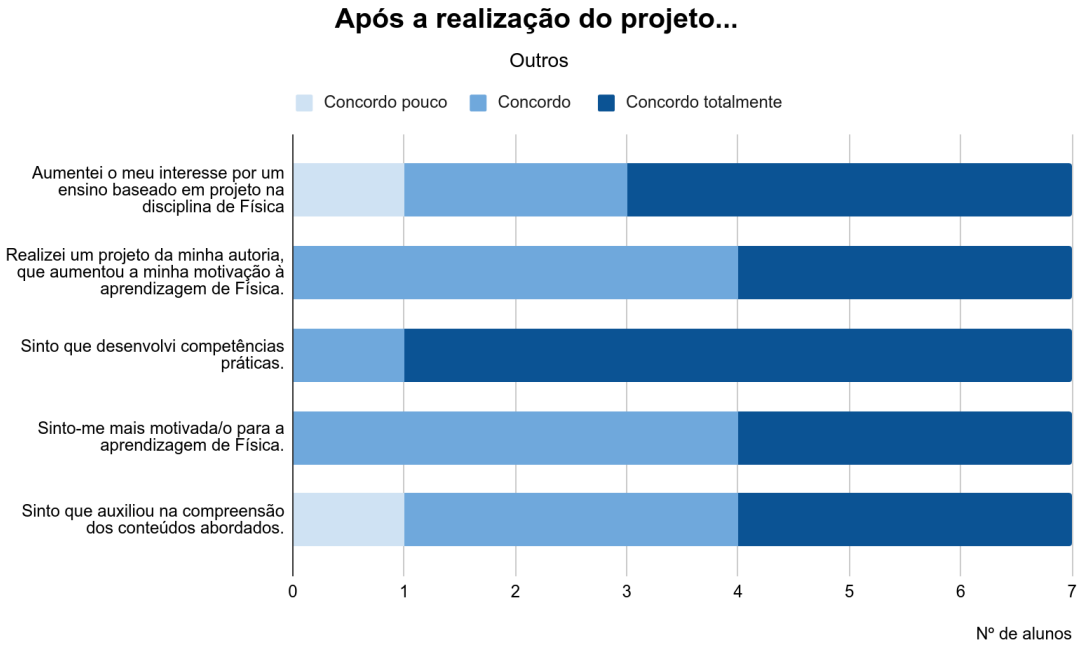
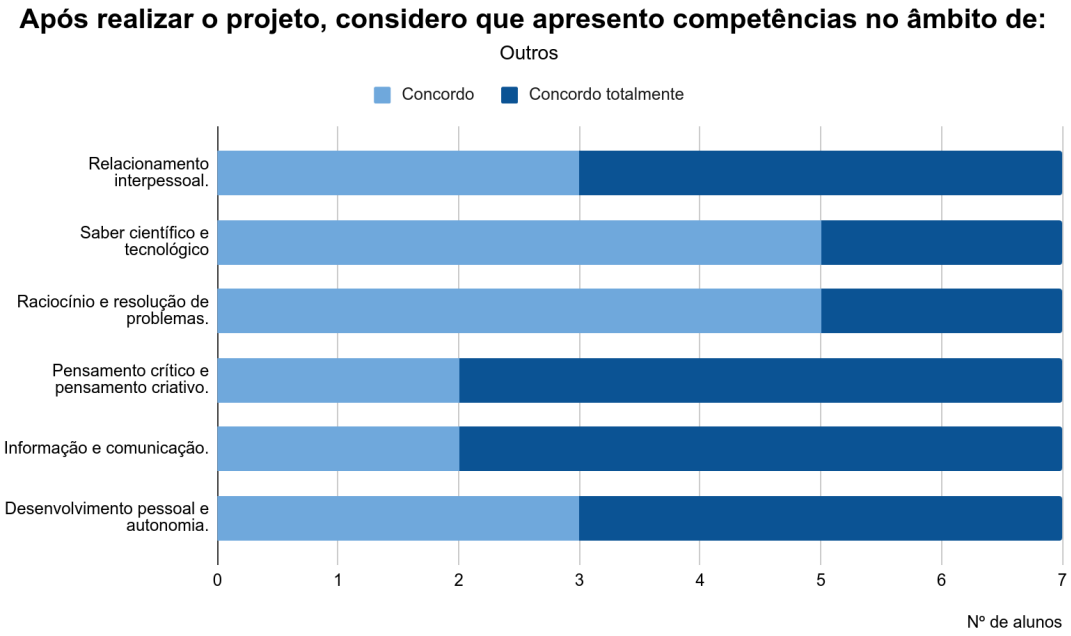



**Tabela XI** – *Dados recolhidos no segundo questionário para o Outros sobre a perceção de competências.*

| Considero que apresento competências no âmbito de: | Relacionamento interpessoal. | Saber científico e tecnológico | Raciocínio e resolução de problemas. | Pensamento crítico e pensamento criativo. | Informação e comunicação. | Desenvolvimento pessoal e autonomia. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Concordo totalmente | 4 | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| Concordo | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3 |
| Concordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo pouco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discordo totalmente | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Figura VII** – *Gráfico representativo dos dados da Tabela X.*



# Anexo B.3. – Entrevista 1

**Rui Campos (Entrevistador)**

Olá campeão. Antes de iniciar estudos sobre o eletromagnetismo, já tinhas ouvido falar de Ørsted, Faraday e Tesla?

**Aluno A**

Só do Faraday e do Tesla.

**Rui Campos**

Só do Faraday e do Tesla, portanto Ørsted não. OK, pronto é normal ele às vezes ficar esquecido. Confesso também, só me lembrei dele depois quando estava na universidade. Sabias que o fenómeno de indução eletromagnética está por trás da maioria da nossa atual tecnologia de produção e distribuição de energia elétrica?

**Aluno A**

Não, não sabia.

**Rui Campos**

Gostarias de conhecer melhor os cientistas que tu estudaste? Gostarias que mais figuras históricas fossem abordadas nas aulas de física?

**Aluno A**

Acho que sim, acho que é importante estudar as figuras históricas. Interessei-me mais pelo Tesla, acho que é uma figura interessante.

**Rui Campos**

Gostarias que mais tópicos da física fossem estudados na escola com contexto histórico? Comenta a tua posição sobre a importância destas discussões históricas para ti. Sentes que ajuda a estabelecer uma relação entre o mundo real e o científico? O que é tu achas que é importante.

**Aluno A**

Acho que é importante saber o contexto histórico. Como é que essas experiências surgiram. Porque é que o cientista pensou nisso e o contexto em que ele estava. Acho que é importante.

**Rui Campos**

Sim senhor. Na tua opinião, qual é a importância de desenvolver atividades práticas de aprender física? Portanto, vamos para a parte prática. Qual é a importância para ti, se é que há alguma?

**Aluno A**

Pá! Eu acho que as atividades práticas faz com que as pessoas, pelo menos para mim, fiquem mais interessados por estudar física por causa mais da parte prática.

**Rui Campos**

OK, portanto, ao longo do projeto, tiveste contato com questões históricas e também experiências, certo? As atividades práticas. Portanto, nós tentamos misturar um pouco. OK? A minha parte até foi um bocadinho mais na prática não é? Mas gostaste de estudar este tópico do eletromagnetismo com essa abordagem assim mais mista entre história e experimental?

**Aluno A**

Sim, sim.

**Rui Campos**

Gostaste? OK. Atribuirias algum peso ou relevância entre as 2 posições? Ou seja, tu gostas mais da parte conceptual e histórica ou da parte mais experimental, prática.

**Aluno A**

Mais experimental.

**Rui Campos**

Em que medida as atividades influenciaram a tua resposta anteriormente? Ou seja, em que medida é que estes trabalhos tu fizeste, tanto com o professor Moutinho, tanto comigo, Ou até um ou outro influenciaram esta esta tua percepção sobre a parte histórica e a parte experimental no ensino da física. Sentes que mudou alguma coisa? Ou ajudaram a reforçar alguma coisa? Se não mudaram nada também é tranquilo.

**Aluno A**

Pode repetir?

**Rui Campos**

Ou seja, sentes que as atividades que nós fizemos até agora, certo? As experiências de Ørsted, as experiências de Faraday que vocês recriaram e a construção da bobina, que já foi comigo,

sentes que reforçaram a tua percepção sobre este peso que deve ter no ensino da física, ou seja, sobre a parte prática e a parte histórica? Sentes que alteraou alguma coisa? Sentes que valorizas mais uma parte histórica no ensino da física por causa destas atividades, ou que devia haver mais componente prática e que estas actividades te influenciaram nesse sentido? Achas que o ensino deve ter mais disso?

**Aluno A**

Acho que sim, sim,

**Rui Campos**

Em que medida consegues explorar só um bocadinho melhor?

**Aluno A**

Acho que a estudar dessa maneira a parte histórica e a parte experimental. Acho que interessou-me mais pela física e acho que se se isso fosse implementado mais vezes, acho que faria com que ficasse mais interessado em estudar a física.

**Rui Campos**

Pronto. Ali está a pergunta difícil, que o aluno T também teve dificuldades. Como descreverias a relação entre a teoria e experimentação na área da física? Para ti há uma relação ou achas que são coisas muito separadas?

**Aluno A**

Acho que há relação sim, da teoria com a atividade experimental.

**Rui Campos**

Sentes que o mindset que tens para perceber a teoria da física e perceber trabalhos práticos da física é semelhante? Ou tens que ter assim mindset específico?

**Aluno A**

Eu acho que é um bocado diferente mas acho que a parte experimental ajuda na parte teórica e a parte teórica também ajuda na parte experimental.

**Rui Campos**

Portanto, sentes que é mútuo, não vai só numa direção?

**Aluno A**

Exato.

**Rui Campos**

OK. Bom, e este projeto contribuiu para a alteração da tua perceção perante esta relação? Ou seja, as atividades que desenvolveste agora ajudou-te nessa compreensão dessa relação?

**Aluno A**

Sim.

**Rui Campos**

E de que forma já agora? Se conseguir explicar, claro.

**Aluno A**

Huh, não sei explicar.

**Rui Campos**

Não sabes explicar? Pronto, está-se bem, não sabes, não sabes. Como avalias ou descreves a tua aprendizagem ao longo das atividades do projeto? Então como é que correu para ti? O que é que correu bem, o que é que correu mal. O que é que mudarias? O que é que achas que está bom assim? Quero só saber o teu feedback? Tanto a minha parte como a do professor Moutinho.

**Aluno A**

Acho que esteve bom, esteve bem a parte dos professores. Acho que é isso?

**Rui Campos**

Anda lá, essa parte aprofunda um bocadinho porque realmente para nós é útil. Percebes? Eu quero saber o que é que correu bem e o que é que correu mal. Não tenhas medo de magoar o meu coração que isso está-se bem.

**Aluno A**

Acho que correu tudo bem.

**Rui Campos**

Correu tudo bem? Ótimo, excelente. Ok, e é só. De certeza que não tens mais nada para dizer?

**Aluno A**

Não.

**Rui Campos**

Ok.

# Anexo B.4. – Entrevista 2

**Rui Campos (Entrevistador)**

Antes de iniciar os estudos sobre eletromagnetismo, já tinhas ouvido falar sobre o Oersted, Faraday e Tesla?

**Aluno L1**

Sim, sim. Faraday já ouvi falar em relação à Física de 11.º ano. E Tesla, por meio da internet, mesmo.

**Rui Campos**

Sabias que o fenómeno de indução eletromagnética está por trás de maioria da nossa tecnologia atual e de produção e distribuição de energia elétrica?

**Aluno L1**

Não, para mim era muito mais a parte teórica do que a prática.

**Rui Campos**

Gostaria de conhecer melhor estes cientistas? Gostarias que mais figuras históricas da ciência fossem abordados na aula de Física? Gostavas que houvesse mais história em aulas de Física?

**Aluno L1**

Em aulas de física sim, com certeza.

Rui Campos

Ok, figuras históricas a cientistas em particular também?...

**Aluno L1**

Sim, estudando a parte pessoal do de cada cientista, ele pode entender um pouquinho mais do que eles desenvolveram. Acho interessante.

**Rui Campos**

E gostarias que mais tópicos se fossem fossem estudados com este contexto histórico? E comenta, já agora, que importância tem para ti falar destes momentos históricos do mundo científico?

**Aluno L1**

Com certeza, com certeza. acho que ela também está vinculado com a pergunta anterior...

**Rui Campos**

Sim, mas consegues aprofundar (…) porque é importante pra ti falar da história da ciência?

**Aluno L1**

Eu acho que é algo que agrega mais conhecimento, você se interessa mais se você for puxar mais pelo lado da da teoria da física, você não vai sentir o mesmo interesse de você começar a explicar sobre, por exemplo, a história de Faraday e depois falar dos feitos dele, então traz um pouco mais de humanidade para essa parte.

**Rui Campos**

Gostaste desenvolver atividades práticas durante a aprendizagem?

**Aluno L1**

Com certeza, principalmente essa parte de soldagem da Bobina de Tesla. É, foi bastante interessante... não sabia, não sabia sobre o material que a gente utilizou se não me engano (…) isso, o estanho, não sabia que era um material que era importante para isso e foi bastante interessante. Gostei muito.

**Rui Campos**

E gostaste desta abordagem mista entre história e a atividades experimentais?

**Aluno L1**

Desses dois, sim, dá para ver que pela pela prática que os cientistas eles falharam muito para chegar no objetivo, então houve um vinculamento… no caso da bobina, a gente [o grupo] fez três ou quatro bobinas, então… Então, provavelmente, o Tesla tenha feito alguns erros para chegar no objetivo.

**Rui Campos**

(…) Atribuis algum peso depois destas atividades entre a parte histórica e a parte experimental, ou seja, qual destas é que é mais importante para ti?

**Aluno L1**

Parte experimental, ou parte?...

**Rui Campos**

Experimental, ou sentes que têm igual peso?

**Aluno L1**

Sinto que a experimental tem mais peso, mas não se pode desconsiderar a histórica, eu acho que é algo assim bastante importante para… É, a parte experimental tem mais peso do que a histórica.

**Rui Campos**

Em que medida estas atividades influenciaram essa tua resposta? Ajudaram-te a reforçar ou já tinha essa noção?

**Aluno L1**

É, pois eu, eu eu sempre fui interessado por experiência, algo mais prático eu sempre gostei, mas nesses experimentos, eu realmente reforçou, realmente aumentou meu interesse por essa área mais prática. Nunca tive assim muito interesse na parte histórica e teórica do assunto, mas quando eu vi os documentários […] quando é abordado assim mais dinamizado, foi interessante de se ver.

**Rui Campos**

Como descreves a relação entre a teoria e a "experiência" na área da física (...)? Percebes há uma relação que é simbiótica, ou vai só numa direção numa ti e é preciso um *mindset* diferente entre aprender teoria da física e a parte prática da física?

**Aluno L1**

Não precisa, não (…), os dois estão voltados para um tópico, então, se você conseguir colocar, se você conseguir enender a histórica, eu acho que você já tem meio percurso andado para a parte física, então...

**Rui Campos**

Este projeto ajudou-te a reforçar esse pensamento, alterou a tua percepção?

**Aluno L1**

Ah, com certeza, com certeza. Os documentários e assim, ajudaram bastante.

**Rui Campos**

Como avalias ou descreves a tua aprendizagem ao longo das atividades aqui em projeto? O que correu bem, o que correu mal para ti, o que é que mudavas? O que é que está bem para ti já?...

**Aluno L1**

(…) Esse projeto foi algo assim que eu não colocava expectativa, não é? Eu pensava que a gente ia mais para a parte prática, mas no início a gente começou com a parte histórica. Porém, eu não me arrependo de ter aprendido a história foi um aprendizado bastante importante, não sabia de muitas histórias aí que foi falado sobre Faraday, Volta e Galvani... Esses grandes cientistas aí nem sequer conhecia assim muito das das experiências deles. E essa parte histórica ajudou muito nisso. (...) E é isso, eu pensava que ia ser mais uma parte experimental, uma parte onde onde

teria mais criatividade, mas eu também gostei dessa iniciativa de vocês promover um projeto de e (...) que ficou algo mais tranquilo para a gente, algo mais leve, porque também esteve outros trabalhos fora do âmbito de da matéria de física. É isso, foi algo assim gratificante.

## Anexo B.5. – Entrevista 3

**Rui Moutinho (Entrevistador)**

Pronto, olha, eu sei que já fizemos isto uma vez, mas vamos tentar ser completos, OK? A outra não gravou, mas vamos tentar gravar outra vez. Então, antes de iniciar os estudos sobre eletromagnetismo, já tinhas ouvido falar sobre Oersted, Faraday e Tesla?

**Aluno L2**

Tinha ouvido falar sobre a Faraday e Tesla, mas não tinha ouvido falar sobre Oersted assim muito bem.

**Rui Moutinho**

E sabias que o fenómeno da indução electromagnética está por trás da maioria da nossa atual tecnologia de produção e distribuição de energia elétrica.

**Aluno L2**

Não sabia.

**Rui Moutinho**

Tinhas assim alguma ideia sobre o fenómeno da indução? Conhecias?

**Aluno L2**

Só conhecia mais ou menos por causa dos motores, dos motores elétricos em cenas assim, mas não sabia mesmo, Por exemplo, nas barragens não sabia.

**Rui Moutinho**

Gostarias de conhecer melhor estes cientistas que estudaste?

**Aluno L2**

Mais do que nós já demos?

**Rui Moutinho**

Sim.

**Aluno L2**

Eu acho que gostava mais de saber sobre Tesla sobre o Oersted.

**Rui Moutinho**

Então daqui para a frente, se fosses estudar um bocadinho mais sobre alguns, era sobre Oersted e Tesla.

**Aluno L2**

Sim, sim.

**Rui Moutinho**

OK, e outras figuras? Gostavas que outras figuras (históricas) fossem abordadas nas aulas de física?

**Aluno L2**

Não, eu acho que não. Eu acho que as que são abordadas no programa que nós temos, a abordagem sobre os cientistas. Eu acho que tipo, acho que os cientistas são abordados e a quantidade de abordagem que nós temos, a quantidade de história que é dada sobre os sobre os cientistas. Eu acho que…

**Rui Moutinho**

Está boa? Está em boa proporção?

**Aluno L2**

Sim, sim.

**Rui Moutinho**

Pronto. Mas gostarias que mais tópicos da física fossem estudados com contexto histórico? É mais ou menos a mesma pergunta, mas em vez de ser só para cientistas é também para um contexto histórico, pode não ser só relativamente a um cientista.

**Aluno L2**

Eu acho que era melhor se calhar não darmos tanto a teoria, mas sim nessas, por exemplo, darmos mais contexto histórico, mas nesse contexto histórico, também darmos um bocado prática. Por exemplo, as experiências que foram realizadas nessa nessa altura, se calhar também, à medida que íamos fazendo a experiência, também termos o professor explicar-nos como é que eles pensavam na altura. Se calhar o que para nós é uma coisa bastante simples e se calhar o que para nós era assim, na altura era de uma forma completamente diferente e explicarem-nos.

**Rui Moutinho**

OK, então, na tua opinião, a discussão histórica é boa não só para a parte experimental, para entender a parte experimental, mas também é boa para entender a parte teórica?

**Aluno L2**

Sim.

**Rui Moutinho**

OK. E na tua opinião, qual a importância de se desenvolver atividades práticas para se aprender física?

**Aluno L2**

Eu acho que é bastante importante porque assim conseguimos obter uma maior absorção de aprendizagem. E conseguimos, às vezes até ter uma maior aprendizagem e conseguir abordar mais temas. Porque, lá está, a nossa mente consegue absorver mais matéria "entre aspas"…

**Rui Moutinho**

Facilmente?

**Aluno L2**

Sim, mais facilmente e de uma melhor forma.

**Rui Moutinho**

Ao longo do teu projeto, tiveste contato com questões históricas e também com experiências ilustrando os principais conceitos estudados. Gostaste de estudar este tópico do eletromagnetismo com esta abordagem mista?

**Aluno L2**

Gostei. Sim, gostei por causa de, "lá está", como eu estava a dizer, à medida que íamos também fazendo as experiências. À medida que íamos realizando as experiências, sim, também íamos vendo a história e íamos fazendo a abordagem da própria da própria altura. Íamos fazendo tudo isso e acho que aí ele tem alguma *intelígivel* lá está como estava a dizer…

**Rui Moutinho**

Foi uma mais-valia?

**Aluno L2**

Sim, sim.

**Rui Moutinho**

Obrigado. Atribuirias algum peso entre as questões mais históricas, conceituais e experimentais no estudo da física? Ou seja, a parte conceptual, a parte histórica e a parte experimental, quais são assim as relações de peso entre eles?

**Aluno L2**

Acho que é a parte experimental é fundamental. E agora, comparando entre a parte histórica e a parte conceptual, eu acho que

comparando as duas, eu acho que a História está a 40%, de 100%. Eu acho que a histórica está a 40% e a conceptual está a 60%.

**Rui Moutinho**

Ok. E, portanto, então a mais a mais elevada, não é? Aquela que dás mais importância. É a parte experimental?

**Aluno L2**

Sim, sim, sim.

**Rui Moutinho**

E entre as outras duas a parte histórica é um bocadinho mais que a conceptual, é assim?

**Aluno L2**

Sim.

**Rui Moutinho**

E em que medida é que as atividades que nós realizamos agora nos projetos influenciaram a tua resposta neste último nível? Nisto dos pesos.

**Aluno L2**

Eu acho que influenciaram por causa também da forma como é que eram as aulas. E também a parte experimental: Como é que foi abordada e também o que é que abordamos. E também à medida de como é que fomos trabalhando? Também na parte histórica o que é que abordamos. E é isso.

**Rui Moutinho**

Importas-te que eu desenvolva um bocado mais isto? No sentido de que, então, antes de realizares o projeto se calhar atribuí-las mais peso a que partes? E agora que realizaste o projeto, o que é que mudou?

**Aluno L2**

Eu antes do projeto acho que não punha tanta percentagem na parte histórica, porque não tinha tanto conhecimento e não percebia como percebi agora. Mas acho também que agora, depois do projeto, acho também que é fundamental nós sabermos, lá está, a parte da história para percebermos quais é que eram as condições da altura, percebermos como é que eram os pensamentos da altura, percebermos também em que nível de desenvolvimento é que estavam na altura e os próprios conceitos de altura, como é que eram? Que eram completamente diferentes dos de agora, não é? Também para percebermos o porquê de eles conseguirem com aqueles resultados, e da forma que eles pensavam, conseguirem evoluir tanto ao ponto de termos o que temos hoje.

**Rui Moutinho**

E a parte experimental? Se calhar, então, achas que houve algum crescimento na importância que deste à experimental?

**Aluno L2**

Eu acho que houve um bocado porque, lá está, antes, não tinha tanto conhecimento sobre… Lá está, nunca tinha passado assim. Sim, mas eu acho que, lá está, com a parte teórica também conseguimos aprender, lá está, como estava a dizer, conseguimos aprender muito mais. E eu não tinha tanta tanto essa opinião sobre isso.

**Rui Moutinho**

Posso então entender que o que estás a dizer? É que conhecer a parte histórica também te motivou para a parte experimental?

**Aluno L2**

Sim.

**Rui Moutinho**

OK boa. Estamos quase no fim. Falta pouquinho.

**Aluno L2**

Sim, sim, sim.

**Rui Moutinho**

Como descreverias a relação entre a teoria e a experimentação na área da física?

**Aluno L2**

Posso dizer em termos de percentagens?

**Rui Moutinho**

Hum, não. A relação entre uma coisa e a outra. Achas que são coisas separadas? A parte teórica e a parte experimental?

**Aluno L2**

Ah! Não eu acho que não. Acho que é preciso que quando há a parte experimental também é preciso haver a parte teórica, se não estamos ali só a brincar. Por exemplo, se estivermos na parte experimental, estamos a brincar se não tivermos conhecimento sobre o assunto. Por isso é que também eu acho que é preciso sempre que houver uma parte teórica, haver uma parte prática, e sempre que for preciso uma parte prática também é preciso uma parte teórica para também estar situados.

**Rui Moutinho**

OK. Este projeto contribuiu para a alteração desta tua percepção da ligação entre as duas?

**Aluno L2**

Sim, porque antes pensava que não havia essa coligação entre os dois.

**Rui Moutinho**

Que não havia coligação nenhuma, que eram coisas separadas?

**Aluno L2**

Sim, sim, que eram coisas separadas.

**Rui Moutinho**

Ok. Então como é que avalias ou descreves a tua aprendizagem ao longo destas atividades no projeto?

**Aluno L2**

Um nove e meio em dez.

**Rui Moutinho**

Estou a ver que te lembras da resposta que deste da primeira vez.

**Alunos L2**

Sim, sim.

**Rui Moutinho**

Mas lembras-te também que te pedi para descreveres um bocadinho mais este teu processo não é? Assim de uma forma um bocado qualitativa.

**Aluno L2**

Sim, porque, lá está, como foi dito até agora, houve uma percentagem de cada coisa e também não foi assim, lá está, não houveram partes tão secante. Se calhar houve só uma em que para mim foi só uma. Foi aquela parte das equações e assim.

**Rui Moutinho**

Sim, lembro-me de falar.

**Aluno L2**

Mas eu acho que em si, tipo, houve aquela, lá está, houve aquela coligação que me fez perceber essa cena e mudar a minha opinião também agora.

**Rui Moutinho**

Achas então que… Desculpa. A minha abordagem e a abordagem do Professor Rui, o facto de às vezes diferirem aqui e acolá também ajudou?

**Aluno L2**

Ajudou imenso. Sim, porque a nossa abordagem, a abordagem dos professores foi diferente da abordagem de um professor convencional. E se calhar houve aquela mais, por exemplo, não houve assim tão secante, foi uma aula um bocadinho mais prática, uma aula um bocadinho mais interativa com os alunos. E eu acho que foi isso que fez mudar a aula.

**Rui Moutinho**

E a parte da exposição, às vezes de uma outra forma ou equação é que, se calhar, foi mais chato?

**Aluno L2**

Sim sim,

**Rui Moutinho**

Mas consideras que às vezes é necessário na mesma ter esste tipo de…

**Aluno L2**

Sim, é necessário. É secante, não é? Às vezes, mas é necessário que é para também percebermos o que é que estamos a fazer.

**Rui Moutinho**

OK. Está bom. Tens mais alguma coisa para dizer?

**Aluno L2**

Não.

**Rui Campos**

Pronto, é isso.

# Anexo B.6. – Entrevista 4

**Rui Campos (Entrevistador)**

Comecemos então, antes de iniciar os estudos, eletromagnetismo responde a isso. Já tinhas ou antes ouvido falar de Oersted, Faraday e Tesla?

**Aluno T**

Sim.

**Rui Campos**

Já sabias que o fenómeno de indução eletromagnética está por trás da maioria da nossa tecnologia atual de produção e de distribuição de energia elétrica?

**Aluno T**

Hm, mais ou menos.

**Rui Campos**

Mais ou menos... o que é que sabias? O que não sabias?

**Aluno T**

Sabia que desempenhava um papel importante, mas não com tanta frequência, penso eu.

**Rui Campos**

Gostarias de conhecer melhor estes cientistas que nós abordamos? Gostarias que mais figuras históricas da ciência fossem abordadas nas aulas de física? Ou seja, sentes que nas aulas de física, é importante ter um ensino focado também na parte histórica? Ou achas que preferias só falar de conceitos?

**Aluno T**

Não penso que a parte falar sobre a parte histórica também é importante, até para nos meter mais intrigados e com mais vontade de saber.

**Rui Campos**

Sentes que aprendes mais sobre a ciência e a sociedade, abordando-as desta forma?

**Aluno T**

Sim.

**Rui Campos**

Gostarias que mais tópicos de física fossem estudados na escola com contexto histórico? Aqui diz comentar a tua posição sobre a importância de discussões históricas para TI. Já discutimos um pouco.

**Aluno T**

Sim.

**Rui Campos**

Qual é a importância desenvolver atividades práticas para se aprender física?

**Aluno T**

Vemos como é que é (...) a parte mais prática da vida de um cientista, ou seja, nós sabemos a teoria, mas nem sempre quando vamos pôr em prática, tudo dá certo. Temos de ver o que deu errado e o que precisamos de melhorar e pensar um bocado sobre isso (...), que nos vai pôr a refletir sobre o que deu errado, que também nos faz aprender [ilegível].

**Rui Campos**

Gosto este tópico eletromagnetismo com essa abordagem mista; histórica e com e com uma parte prática?

**Aluno T**

Sim, sim.

**Rui Campos**

Gostaste. Atribuirias algum peso, relevância entre as questões mais históricas, conceptuais e as experimentais no estudo da física? Ou seja, para ti o que é mais importante enquanto aluno: entender o contexto histórico na descoberta destes conceitos ou realmente vê-los a acontecer, serem praticados ao vivo...

**Aluno T**

Ao vivo.

**Rui Campos**

És mais a favor da parte prática, com um peso maior.

**Aluno T**

Exatamente.

**Rui Campos**

As atividades realizadas influenciaram a tua resposta no item anterior, ou seja, sentes que estas atividades tu desenvolveste reforçaram isso, ou já era uma noção preconcebida que tinhas?

**Aluno T**

Que já era uma ideia que eu tinha, mas reforçada, sim.

**Rui Campos**

Como descreverias a relação entre a teoria e a experimentação na área da física? Este projeto contribuiu para a alteração da tua perceção perante esta relação? Se sim, de que forma?

**Aluno T**

Como assim? Não percebi.

**Rui Campos**

(...) Vamos compartimentalizar então. Como descreverias a relação entre teoria e a experimentação na física?

**Aluno T**

Hm, não estou a perceber, mesmo...

**Rui Campos**

OK, sei lá... como é que eu hei-de explicar... ou seja, tu sentes que a teoria e a experimentação estão intrinsecamente ligadas? Ou sentes que há aqui uma componente cognitiva que é preciso ter (...) quando estás a ver conceitos na parte teórica ou a rever conceitos de uma forma mais experimental?

**Aluno T**

Que as duas estão relacionadas. Primeiro, é necessário a parte teórica perceber mais sobre o assunto, para depois passar para a parte prática. E ver a acontecer.

**Rui Campos**

Pronto e agora, vem o outro segmento da pergunta, que é: este projeto contribuiu para a alteração da tua perceção perante esta relação?

**Aluno T**

Eu penso que já tinha esta perceção antes...

**Rui Campos**

Ok. Ótimo. Como avalias ou descreves a tua aprendizagem ao longo das atividades em projeto? Ou seja, o que correu bem, o que é que correu melhor, pior? O que é que achas que podia melhorar?

**Aluno T**

Penso que correu bem, até a parte do próprio erro, para depois percebermos o porquê, e entendermos mais sobre isso, por isso acho que não houve nenhuma parte que correu mal em si. Acho que, no geral, foi bom.

# Anexo C – Recursos Didáticos

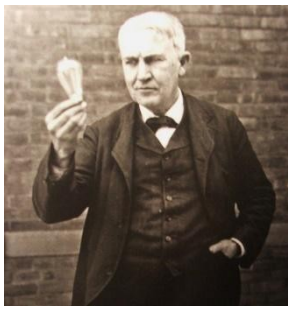
## Anexo C.1. – Texto sobre Nikola Tesla

# Afinal, o que é e como funciona a Bobina de Tesla?

**Dr. Luiz Arthury, Rui Campos**

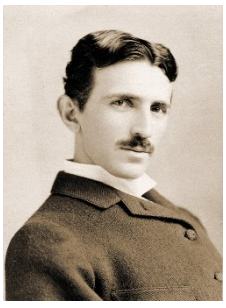
### Edison, Tesla e Distribuição de Energia

No final do século XIX, as invenções associadas à eletricidade estavam "a todo o vapor" e havia uma corrida comercial para ver quem ganharia os valiosos contratos públicos para iluminação nos Estados Unidos. O empresário e inventor americano Thomas Alva Edison (1847–1931) estava bastante interessado nesses contratos e chefiava uma empresa que tornar-se-ia uma das mais tradicionais na área da eletricidade, a *General Electric*. Edison, que seria bastante conhecido pela sua lâmpada incandescente, preferia trabalhar com corrente contínua, que era facilmente produzida com baterias, mas esse tipo de corrente mostrar-se-ia problemática para a sua distribuição a longas distâncias, apresentando bastantes desvantagens relativamente à corrente alternada. Portanto: o que é mesmo corrente contínua? E corrente alternada?



*Thomas Edison*

Até meados do século XIX, o tipo de eletricidade mais usada em pesquisas era a contínua que, como o nome sugere, flui num único sentido: o movimento dos eletrões vai do polo negativo para o positivo (embora nos acostumemos a pensar do positivo para o negativo, mas isso é apenas uma convenção). Rapidamente foi compreendido, todavia, que o seu uso a longas distâncias apresentava um problema incontornável: a dissipação de energia.



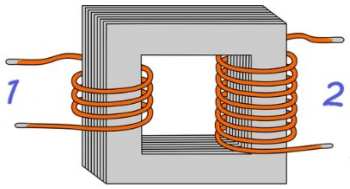
*Nikola Tesla*

Os condutores possuem uma resistência elétrica, o que inevitavelmente levará à dissipação de energia por efeito de Joule: o produto da resistência pelo quadrado da corrente nos dará precisamente a energia que será dissipada pelo condutor ao longo do tempo. Assim, percebemos que quanto maior for a corrente, maior será a dissipação de energia ao longo do condutor. Como a resistência do condutor também aumenta com o seu comprimento, teremos então um grande problema se quisermos conduzir corrente a longas distâncias.

E aqui começa a entrar a genialidade inventiva de Nikola Tesla (1856–1943), engenheiro e inventor sérvio que chegou a trabalhar na *General Electric*, a empresa de Edison. Se utilizarmos um sistema de produção de energia com base na indução de Faraday, o tipo

de corrente que será naturalmente produzida será justamente a alternada, em função do movimento relativo entre ímanes e bobinas, produzindo o "vai e vem" da corrente em função da rotação do sistema. Tesla percebeu que a corrente alternada era não apenas mais fácil de ser produzida — bastando recursos naturais para a produção de energia elétrica, como o movimento de rios —, como também podia ser mais eficazmente conduzida por um sistema que se utilizasse da elevação das tensões elétricas envolvidas.

Tesla percebeu que podia utilizar sistemas de enrolamentos com uma relação entre bobinas de tal modo a elevar ou abaixar a tensão elétrica, a partir da indução descoberta por Faraday: nasciam assim os **transformadores elétricos** que utilizamos atualmente, desempenhando um papel decisivo na transmissão de energia elétrica. Indo direto para os nossos conhecimentos atuais sobre eletricidade, consideremos um transformador do tipo mais simples de duas bobinas:



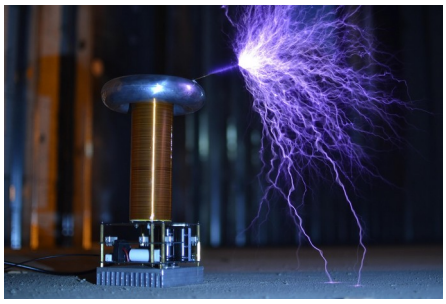

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (1)$$

Tesla percebeu que, se o enrolamento da bobina secundária tiver o dobro de espiras da bobina primária, a tensão será também o dobro em relação à tensão da primária (ou seja, a tensão será diretamente proporcional à relação entre o número de espiras da bobina secundária e da primária). No entanto, considerando a conservação de energia do sistema, se a tensão aumentar, percebemos que a corrente deve cair proporcionalmente, ou seja, se a tensão duplica em valor e a corrente elétrica cai para metade, segundo a equação (1), o que é bastante útil se quisermos transferir energia elétrica de um ponto a outro, diminuindo as dissipações devido ao efeito Joule nos condutores; basta diminuirmos a corrente, que está diretamente associada ao efeito Joule ($P_{dissipada} = RI^2$) para fazer a diferença de potencial aumentar. Esta alta tensão, então, pode ser transmitida pelos cabos condutores por longas distâncias, entre uma central hidroelétrica — por exemplo —, e uma cidade que receberá a energia. Chegando à cidade, a tensão diminui para valores compatíveis com os nossos equipamentos elétricos. Por ação de transformadores, também é possível diminuir a tensão, elevando, assim, a corrente elétrica novamente.

Além deste sistema básico de transmissão, Tesla pesquisou sobre ondas eletromagnéticas, uma previsão do físico escocês James Clerk Maxwell. Tesla soube da sua

deteção por Henri Hertz[9] e interessou-se pelo processo cujo, acreditava, também poderia ser utilizado para transmitir energia elétrica à distância e sem o envolvimento de fios.

Para se produzir as variações de corrente elétrica necessárias à produção de ondas eletromagnéticas, Tesla elaborou um sistema de transformadores ressonantes que justamente seria conhecido por **Bobina de Tesla**: um dispositivo semelhante a um transformador que eleva uma tensão alternada (ou pulsante) a valores altíssimos, produzindo diversos efeitos, entre eles a produção de **arcos voltaicos**. Um arco voltaico é o resultado de tensões elevadas o suficiente ao ponto de produzir uma corrente elétrica através do próprio ar, ionizando e tornando o mesmo em plasma! A cada vez que se testemunha um relâmpago numa tempestade, não é nada mais do que um imenso arco voltaico que atravessa a alta troposfera até ao nível do solo.



*Bobina de Tesla a produzir arcos voltaicos.*

Porém, diferentemente do que se costuma pensar, a alta tensão conseguida com uma Bobina de Tesla não se deve apenas à relação de espiras dos enrolamentos primário e secundário, como acontece num transformador comum; seria necessária uma bobina secundária com milhares e milhares de voltas para se ter uma elevação de tensão mínima para produzir um pequeno arco voltaico, e o problema de se produzir uma bobina de muitas espiras é que ela começa a ficar inevitavelmente muito grande, distanciando-se da bobina primária, resultando em perdas substanciais de energia, diminuindo, portanto, o efeito de elevação da tensão.

Tesla, contudo, elaborou um dispositivo que funciona de forma diferenciada, onde a ideia é fazer com que um circuito primário, formado pela bobina primária, oscile próximo à frequência de oscilação natural do circuito secundário, formado pela bobina secundária. O resultado desta compatibilidade oscilatória produz uma ressonância entre os dois circuitos, fazendo com que altíssimas tensões sejam produzidas na bobina secundária. Essa ressonância é semelhante ao que acontece em mecânica, onde também se consegue com que um sistema oscilante, como um baloiço, por exemplo, tenha a sua oscilação aumentada quando uma fonte de energia externa, como uma pessoa a empurrar um baloiço, trabalha na mesma frequência de oscilação.

## Circuito Elétrico da Bobina de Tesla

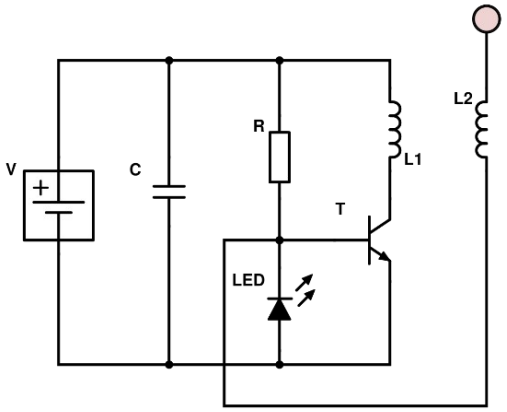
Vamos usar o circuito da Bobina de Tesla a ser montado para entendermos um pouco melhor o seu funcionamento. No final do século XIX, na época em que Tesla construiu as suas primeiras bobinas, não existiam ainda dispositivos eletrónicos como transístores, e as oscilações necessárias eram produzidas por circuitos osciladores que continham

[9] O físico inglês Oliver Lodge também demonstrou a existência das ondas eletromagnéticas, mas ficou menos conhecido do que Hertz.

**condensadores**, **indutores** e **resistências**. O transístor é um dispositivo desenvolvido em 1947 graças ao que era conhecido sobre a estrutura da matéria (física quântica!), e a sua invenção foi tão importante que resultou no prémio Nobel para os seus três criadores, os físicos americanos Walter Brattain, William Shockley e John Bardeen. Entre outros usos, o que um transístor essencialmente faz é atuar como uma chave: conseguimos fazer com que ele ligue ou desligue um circuito e, adicionalmente, é possível produzir um sinal oscilante com uma frequência controlada pelos dispositivos auxiliares, isto é, entre resistências e condensadores.

Os detalhes de funcionamento deste circuito específico exigem um conhecimento mais avançado de eletrónica, mas o essencial aqui é saber que o papel que o transístor desempenha neste circuito é produzir uma oscilação da corrente elétrica que chega à bobina primária ($L_1$) que, no caso do circuito a ser montado, está impressa diretamente na placa de circuito (; por isso, dá a impressão de que não há uma bobina primária nesse caso). A bobina primária produzirá então um campo eletromagnético oscilante que, por sua vez, induzirá uma corrente na bobina secundária ($L_2$).

*Esquema do circuito relativo à Bobina de Tesla.*




A frequência desse circuito específico é bastante alta, na ordem de MHz ($10^6$ Hz), que, conforme apontamos anteriormente, está próxima da frequência de oscilação natural da bobina secundária. Assim como uma estrutura mecânica qualquer, como uma ponte, pode vibrar preferencialmente numa dada frequência, uma bobina também pode "receber" uma frequência, exercendo a menor resistência a uma corrente com essa frequência. Chamamos a essa resistência de **indutância**. Quando fazemos a corrente oscilar (ou pulsar) na frequência natural com que a bobina exerce menor resistência a esse sinal, temos justamente o efeito de ressonância, dando um "impulso no ritmo certo" para haver a maior eficácia na transferência de energia possível entre a bobina primária e a secundária (a pessoa empurrando o baloiço no ritmo certo para a maior amplitude, voltando ao exemplo anterior). O resultado dessa transferência de energia é a produção de uma tensão bastante elevada nos terminais da bobina secundária, mas com uma corrente reduzida, análogo ao que ocorre com o sistema de distribuição de energia que discutimos antes.

Esta elevada tensão produz alguns efeitos interessantes. Primeiro, se prestarmos bastante atenção ao terminal solto da bobina, veremos um pequeno arco voltaico. O ar, assim como qualquer substância, tem um limite de tensão a qual, a partir desse limite, passa a comportar-se como um condutor elétrico (**rigidez dielétrica**) que, no caso do ar, é da ordem de 30 mil volts por centímetro, ou seja, se tivermos uma tensão de 30 mil volts entre dois terminais, um arco voltaico formar-se-á se a distância entre esses terminais for de 1 cm (e assim é possível perceber como a diferença de potencial para gerar um relâmpago é incrivelmente alta). Então, lançamos um pequeno exercício:

**Exercício:** Sabendo a rigidez dielétrica do ar e estimando o tamanho do arco que consegues ver na extremidade da bobina, determina a tensão produzida na bobina secundária.

Mas o efeito dessa alta tensão vai além do arco que é possível ver. A bobina produz um campo eletromagnético que envolve a bobina, podendo ser percebido por efeitos como a ionização, que é o "arrancamento" de eletrões em alguns dispositivos colocados nas proximidades da bobina. Uma das formas mais imediatas de observar esse efeito é aproximar uma pequena lâmpada fluorescente ou de néon, uma vez que a ionização produzida no gás no seu interior produzirá luz visível!

A Bobina de Tesla pode, então, produzir uma onda eletromagnética (que foi justamente a intenção inicial de Tesla), o que foi efetivamente usado na sequência em alguns circuitos de transmissão de rádio, mas com o advento das válvulas, um dispositivo elétrico que antecedeu os transístores, e dos próprios transístores, esse uso para a Bobina de Tesla entrou em desuso, embora os princípios básicos de funcionamento de um circuito de transmissão de rádio envolvam os mesmos fenómenos associados a um circuito oscilante que produz um sinal eletromagnético numa bobina ou pequeno indutor, justamente o que chamamos antena.

Além de usos didáticos, a Bobina de Tesla também é usada em diversas situações onde se deseja um arco voltaico ou uma alta tensão com baixa corrente, como acontece em diversos processos industriais, alguns equipamentos médico-hospitalares e mesmo dispositivos que não se parecem visualmente com uma bobina de Tesla, mas que se utilizam dos mesmos princípios, como é o caso dos sistemas de produção da faísca que faz funcionar os motores a combustão dos automóveis.

Vamos então discutir melhor estas ideias e montar uma bobina da Tesla?