



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE QUÍMICA

**A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD APLICADA ÀS
ATIVIDADES MAKER PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Arthur Jacob dos Santos

RIO DE JANEIRO

2024

ARTHUR JACOB DOS SANTOS

**A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD APLICADA ÀS
ATIVIDADES MAKER PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Volume único

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química – PEQui, Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ensino de Química.

Orientadora: Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos

RIO DE JANEIRO

2024

CIP - Catalogação na Publicação

S237t Santos, Arthur Jacob dos
A Teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird aplicada às atividades maker para o ensino de química / Arthur Jacob dos Santos. -- Rio de Janeiro, 2024. 103 f.

Orientadora: Paula Macedo Lessa dos Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós Graduação em Ensino de Química, 2024.

1. Modelos Mentais. 2. Atividades Maker. 3. Ensino de Química. 4. Cultura Maker. 5. Johnson Laird. I. Santos, Paula Macedo Lessa dos, orient. II. Título.

ARTHUR JACOB DOS SANTOS

**A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD APLICADA ÀS
ATIVIDADES MAKER PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ensino de Química – PEQui, Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ensino de Química.

Aprovada em:

Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos – UFRJ

Dr^o Antonio Carlos de Oliveira Guerra - UFRJ

Dr^a Denise Leal de Castro- IFRJ

DEDICATÓRIA

Dedico, especialmente, a Deus pela oportunidade de, mesmo com pouca idade, conseguir avançar na carreira acadêmica e profissional. Agradeço por sempre me conduzir em segurança para a Universidade e por me dar forças para nunca desistir. Dedico também a Santa Teresinha, que esteve ao meu lado em todos os momentos de dificuldade, intercedendo pela minha saúde mental e me fortalecendo para seguir em frente.

AGRADECIMENTO

Agradeço pelo apoio da minha família: Jacob, Ferreira, Alves Luiz e dos Santos, especialmente à minha esposa, minha mãe, meu pai e meus sogros, que sempre foram meu incentivo em todos os momentos, especialmente quando eu estava cansado ou exausto pela rotina de trabalho.

Obrigado também aos meus amigos e padrinhos de casamento, pelas orações que sempre me fortaleceram com energia positiva e vigor. Dedico, ainda, aos meus queridos alunos, que são o motivo pelo qual acordo cedo todos os dias para ajudá-los a realizar seus sonhos.

Minha especial gratidão à professora e orientadora Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos, pela dedicação ao meu projeto, por me incentivar e ajudar a alcançar esse sonho que não foi fácil, mas que, com muito carinho e paciência, conseguimos realizar.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof^o Dr^o Antônio Guerra, Prof^a Dr^a Denise Castro, e aos suplentes Prof^o Dr^o Waldmir Araújo e Prof^o Dr^o Ricardo Michel, agradeço por participarem e contribuírem nesse momento acadêmico único para mim.

Agradeço também à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) pela oportunidade de cursar o mestrado profissional em Ensino de Química no PeQui, e aos coordenadores do PeQui e da Secretaria de Pós-Graduação pelo apoio ao longo desse período.

Nada é pequeno se feito com amor...

Santa Teresinha do Menino Jesus

RESUMO

SANTOS, Arthur Jacob dos. **A Teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird aplicada às atividades maker para o ensino de química.** Rio de Janeiro, 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Este documento aborda como a Cultura Maker, fundamentada na Teoria dos Modelos Mentais de Phillip Johnson-Laird, pode ser aplicada ao ensino de Química, mais especificamente ao ensino dos modelos atômicos. A teoria de Johnson-Laird sugere que as pessoas constroem modelos mentais para entender o mundo e resolver problemas, os quais consistem em representações internas que permitem simular e prever eventos, bem como são fundamentais para o raciocínio humano. A pesquisa, nesse sentido, investiga como essa teoria pode ser aplicada em sala de aula por meio da criação de representações físicas de conceitos científicos abstratos, como os modelos atômicos. Para isso, um estudo de caso foi realizado com alunos do Ensino Médio de uma escola privada no Rio de Janeiro. Os alunos participaram de atividades Maker nas quais construíram modelos dos átomos de Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld e Schrödinger, usando materiais simples, como papel alumínio e massinha condutora. Essas atividades não apenas incentivaram a criatividade, mas também permitiram aos alunos experimentar e visualizar conceitos que, de forma teórica, seriam abstratos ao entendimento. A análise dos resultados foi realizada por meio da Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI), que busca entender como os indivíduos atribuem significado às suas experiências. As entrevistas e observações revelaram que a criação física dos modelos possui potencial de ajudar os estudantes a internalizar melhor os conceitos de Química e possibilitar aos professores uma nova maneira de avaliar a compreensão dos alunos.

Palavras-Chave: Cultura Maker, Modelos Mentais, Ensino de Química, AFI

ABSTRACT

SANTOS, Arthur Jacob dos. **A Teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird aplicada às atividades maker para o ensino de química.** Rio de Janeiro, 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

The document addresses how the Maker Culture, based on Phillip Johnson-Laird's Mental Models Theory, can be applied to chemistry education, specifically to teaching atomic models. Johnson-Laird's theory suggests that people construct mental models to understand the world and solve problems. These models are internal representations that allow individuals to simulate and predict events, and they are fundamental to human reasoning. The research investigates how this theory can be applied in the classroom through the creation of physical representations of abstract scientific concepts, such as atomic models. A case study was conducted with high school students from a private school in Rio de Janeiro. The students participated in Maker activities where they built models of Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld, and Schrödinger atoms using simple materials like aluminum foil and conductive playdough. These activities not only encouraged creativity but also allowed students to experiment with and visualize concepts that would otherwise be difficult to understand theoretically. The results were analyzed through Interpretative Phenomenological Analysis (IPA), which seeks to understand how individuals assign meaning to their experiences. Interviews and observations revealed that the physical creation of models has the potential to help students better internalize chemistry concepts and provide teachers with a new way to assess students' understanding.

Keywords: Maker Cultures, Mental Models, Chemistry Education, IPA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pilares da BNCC adaptada à Cultura e Atividades Makers	16
Figura 2 - The Nature of explanation - Livro de Kenneth Craik	36
Figura 3 - Mental Models - Livro de Johnson-Laird	37
Figura 4 - Diagrama dos Modelos Mentais.....	38
Figura 5 - Diagrama da Metodologia utilizada	44
Figura 6 – Exemplo de um espaço Maker	46
Figura 7 - Aula 1 – Acendimento de Led no circuito de papel Alumínio	52
Figura 8 - Aula 2 e 3 – Acendimento de Led no circuito de massinha.....	52
Figura 9 - Modelo Atômico de Thomson	53
Figura 10 - Modelo Atômico de Rutherford.....	53
Figura 11 - Modelo Atômico de Bohr	53
Figura 12 - Modelo Atômico de Sommerfeld	53
Figura 13 - Modelo Atômico de Schrodinger	54
Figura 14 - Modelo Atômico Estudante A (Thomson).....	56
Figura 15 - Modelo Atômico Estudante B (Thomson).....	58
Figura 16 - Modelo Atômico Estudante C (Thomson)	59
Figura 17 - Modelo Atômico Estudante D (Thomson)	60
Figura 18 - Modelo Atômico Estudante E (Rutherford).....	61
Figura 19 - Modelo Atômico Estudante F (Rutherford).....	61
Figura 20 - Modelo Atômico Estudante G (Bohr).....	63
Figura 21 - Modelo Atômico Estudante H (Bohr).....	64
Figura 22 - Modelo Atômico Estudante I (Sommerfeld).....	65
Figura 23 - Modelo Atômico Estudante J (Sommerfeld).....	66
Figura 24 - Modelo Atômico Estudante K (Schrödinger)	67
Figura 25 - Modelo Atômico Estudante L (Schrödinger).....	68

Figura 26 - Modelo Atômico Estudante M (Schrödinger).....	69
Figura 27 - Modelo Atômico Estudante N (Schrödinger)	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quantidade de artigos pelas palavras-chave e diretórios.....	21
Quadro 2 - Distribuição dos artigos conforme autor, ano, título, objetivo e resultados	21
Quadro 3 - Teóricos precursores na Cultura Maker	32
Quadro - 4 - Etapas da Metodologia utilizada	44
Quadro - 5 - Descrição das aulas de Cultura Maker	47
Quadro - 6 - Descrição das Aulas de Química	48
Quadro - 7 - Perguntas e Hipóteses da Entrevista Semiestruturada.....	48
Quadro - 8 - Entrevista Estudante A (Thomson)	55
Quadro - 9 - Entrevista Estudante B (Thomson)	57
Quadro - 10 - Entrevista Estudante C (Thomson)	58
Quadro - 11 - Entrevista Estudante G (Bohr)	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	20
2.1	GERAL	20
2.2	ESPECÍFICOS	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
4.1	PANORAMA DO ENSINO DE QUÍMICA NOS DIAS ATUAIS	29
4.2	USO DE METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA	30
4.3	A CULTURA MAKER NO ENSINO-APRENDIZAGEM	31
4.4	O CONSTRUCIONISMO E A PSICOLOGIA COGNITIVISTA	33
4.4.1	<i>Construcionismo</i>	33
4.4.2	<i>Psicologia Cognitivista</i>	34
4.5	KENNETH CRAIK E O HISTÓRICO DOS MODELOS MENTAIS	36
4.6	JOHNSON-LAIRD E A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS	37
4.7	ANÁLISE FENOMENOLÓGICA INTERPRETATIVA (AFI)	40
5	METODOLOGIA	43
5.1	CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA	43
5.2	PÚBLICO- ALVO	45
5.3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	47
5.4	ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	48
5.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
5.5.1	<i>Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) no Estudo de Caso</i>	50
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
6.1	ANÁLISE FENOMENOLÓGICA INTERPRETATIVA (AFI)	54
6.1.1	<i>Modelo Atômico de Thomson</i>	54
6.1.2	<i>Modelo Atômico de Rutherford</i>	60
6.1.3	<i>Modelo Atômico de Bohr</i>	61
6.1.4	<i>Modelo Atômico de Sommerfeld</i>	65
6.1.5	<i>Modelo Atômico de Schrödinger</i>	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
8	PRODUTO EDUCACIONAL	73
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE	97

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	97
APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	101

1 INTRODUÇÃO

A Química visa compreender a natureza por meio do estudo da matéria, de suas propriedades, de sua composição e, principalmente, de suas transformações. A matéria, nesse sentido, é tudo o que tem massa e ocupa lugar no espaço. Desse modo, o estudo da Química busca entender grande parte da complexidade do universo (Russel, 1994).

Devido à complexidade de certos conceitos, ensinar Química no Ensino Médio é um grande desafio. O professor precisa criar estratégias didáticas eficazes que permitam aos alunos entenderem a evolução das teorias científicas e suas relações com o cotidiano. Para isso, é necessário ir além do quadro negro, utilizando-se de abordagens didáticas variadas que facilitem a internalização dos conceitos pelos estudantes.

O despertar do interesse dos estudantes pelo aprendizado de Química geralmente se dá pela curiosidade, palavra que deriva do latim *curiositas*, significando “cuidado, diligência em buscar algo” e “desejo de conhecer” (Houaiss, 2001). De acordo com Gonçalves (2010), a curiosidade é o desejo intenso de ver, ouvir, conhecer ou experimentar algo, geralmente novo ou desconhecido, além de ser uma forma de interesse intelectual.

Embora não exista uma fórmula mágica para estimular a curiosidade de todos os estudantes, algumas metodologias podem ser aplicadas para potencializar o aprendizado, tornando-o mais agradável e interativo. Entre elas, destacam-se a Cultura Maker, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), a Gamificação e o Júri Simulado (Martínez, 2013).

Libâneo (1990) distingue dois tipos de aprendizagem: a casual e a organizada. A casual refere-se à maneira espontânea com que os indivíduos adquirem conhecimento por meio da interação com o ambiente e outras pessoas, acumulando saberes que lhes permitem construir uma imagem mental dos fenômenos observados. Por outro lado, a aprendizagem organizada envolve o ensino planejado, em que recursos são usados para desenvolver competências e habilidades específicas em relação a um conteúdo.

Este trabalho, nesse sentido, explora a metodologia baseada na Cultura Maker,

que busca unir esses dois tipos de aprendizagem. Ao priorizar atividades em grupo e o uso de ferramentas cotidianas (aprendizagem casual), associadas a um planejamento coeso, a metodologia visa incitar a criatividade dos estudantes na resolução de problemas, com ênfase na disciplina de Química (aprendizagem organizada).

A cultura “maker” é mencionada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), conjunto de diretrizes que estabelece o conteúdo fundamental que deve ser ensinado em todas as escolas brasileiras na escola básica. Seu objetivo é garantir que a educação seja justa e que todos os alunos aprendam as habilidades e competências essenciais para viver em sociedade, exercer a cidadania e continuar estudando.

Com base nesta aplicação, na figura 1, são apresentados aspectos de aprendizagem apontados por Stella et al. (2018), esquematizando em que termos as atividades Makers podem propiciar as competências e habilidades do aluno da escola básica:

Figura 1- Pilares da BNCC adaptada à Cultura e Atividades Makers

<p>Aprender a Conhecer Através das atividades <i>Maker</i>, o aluno descobre através da construção de seus artefatos o conhecimento tornando-o prazeroso o ato de compreender além de se tornar um aluno mais interessado no assunto, estimulando o aprender, exercitando a concentração, atenção, memória e o pensamento.</p>
<p>Aprender a Fazer Através das atividades <i>Maker</i>, o aluno desenvolve o seu conhecimento teórico através da prática.</p>
<p>Aprender a Conviver Através das atividades <i>Maker</i>, o aluno desenvolve habilidades sociais com seus colegas de forma interativa. O aluno aplica seus conhecimentos prévios de maneira colaborativa, assim aprendendo de maneira prazerosa como viver em sociedade, respeitando opiniões sendo elas parecidas ou diferentes. Exercitando o ato de colaboração dentro da sala de aula, o aluno aprende a respeitar diversidades de opiniões, assim formando um aluno que respeita as diferenças individuais e também formando um aluno mais social.</p>
<p>Aprender a Ser Através das atividades <i>Maker</i>, o aluno desenvolve sua autonomia, pensamento crítico gerando então sua própria personalidade a partir do momento em que o aluno aprende a exercitar seu potencial, assim então abrindo portas a personalidades inovadoras que podem ser meios de inovação na sociedade.</p>

Fonte: STELLA et al. (2018)

Desta forma, transportar essa rica metodologia ao Ensino de Química, que tanto sofre na escola básica pela complexidade de conceitos, não trabalhados com o tempo adequado em razão de inúmeros fatores que o cercam, pode ser uma possibilidade de aproximar o conteúdo do estudante, potencializando sua compreensão. Além disso, propicia também ao professor o entendimento de sua internalização dos conteúdos.

Torna-se, também, uma possibilidade de baixo custo em escolas que, em virtude do baixo investimento, não dispõem de laboratório de ciências ou de química, potencializando a compreensão dos fenômenos químicos pelos estudantes e fomentando uma curiosidade do campo das Ciências.

O pesquisador identifica o potencial que a Cultura Maker demonstra no Ensino de Química, tal como no de Ciências, construída com base em modelos com objetivos pedagógicos de tornar o empírico mais inteligível. Assim, com base na criatividade dos estudantes, agora Makers, os alunos são capazes de materializar o empírico, possibilitando mais ferramentas de compreensão da natureza.

As atividades "maker", sob esse panorama, permitem que o aluno desenvolva conceitos STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) por meio da construção de projetos. Esses projetos auxiliam o professor a interpretar como o grupo de estudantes compreende determinado fenômeno químico (Blikstein, 2013). Assim, mesmo em escolas com poucos recursos para experimentos em ciências, tecnologia, engenharia e matemática, o uso de metodologias ativas como a Cultura Maker pode aproximar os alunos dessas disciplinas.

Toda essa narrativa ampara-se em uma abordagem construtivista de aprendizagem defendida por Seymour Papert (1986), na qual o aprendiz constrói conhecimento quando elabora um objeto de seu interesse. Essa construção é realizada a partir da "mão na massa" (hands on) e da "imersão mental" (heads in), em que o estudante se depara com uma situação sem solução, anteriormente pensada, e necessita de utilizar sua criatividade e capacidade de articular modos de resolução para resolver o problema. (Valente, 2019)

Desta forma, o construtivismo dialoga principalmente com os aspectos psicológicos e biológicos do estudante, ou seja, com a maneira como ele pode se posicionar frente a um problema e como pode construir uma solução plausível para ele. Considerando fatores como subjetividade, conhecimentos prévios e cultura – entre outros –, que influenciam essa tomada de decisão e estimulam a criatividade, a Psicologia direciona-se para a compreensão da forma como o indivíduo internaliza a situação.

Isso resulta na Psicologia Cognitiva, que, segundo Sternberg (2000, p. 38), é definida como "[...] o estudo de como as pessoas percebem, aprendem, recordam e

ponderam as informações”. Esse enfoque não se limita ao comportamento, como no Behaviorismo, mas sim ao processo de estruturação mental na construção de um novo conhecimento.

Moreira e Masini (1982) conceituam cognição como:

[...] o processo através do qual o mundo de significados tem origem. À medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados. Tem origem, então, a estrutura cognitiva (os primeiros significados), constituindo-se nos pontos básicos de ancoragem dos quais derivam outros significados (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 3).

Em uma sala de aula, cada estudante atribui significados com base em seu conjunto de valores e experiências da vida acadêmica, o que o direciona a formar um raciocínio específico sobre um conteúdo. Contudo, a maior dificuldade que o professor enfrenta é entender a individualidade de cada estudante em relação à sua estruturação mental de um conceito e como poderá mediar para aproximá-lo da literatura.

Neste trabalho, o cognitivista Phillip Johnson-Laird (1983), com sua Teoria dos Modelos Mentais, é a principal referência bibliográfica para explorar a Cultura Maker como metodologia. Ao ser aplicada no contexto educacional, esse método permite ao professor mediar a construção do conhecimento de maneira que este se torne significativo para o estudante, especialmente em disciplinas como Química.

A partir da pergunta da pesquisa: “Qual o potencial da Cultura Maker aplicada à Educação em indicar os avanços de aprendizagem dos alunos acerca dos modelos atômicos?”, objetivamos explorar a metodologia Cultura Maker na criação de modelos mentais para o Ensino de Modelos Atômicos e melhorar o diagnóstico do professor na mediação da construção do conhecimento, com base na expressão material, escrita e oral sobre o que o estudante internalizou da aula.

Para compreender a teoria de Laird, é necessário recuperar o conceito de mente proposto por Kenneth Craik (1943). De acordo com Craik, a mente é um sistema complexo intrínseco ao ser humano que utiliza simulações internas para interpretar o observável, permitindo prever, antecipar e/ou controlar o comportamento de eventos futuros.

Assim, a mente desempenha um papel fundamental na compreensão do

mundo e de si mesma. A interação mente-mundo é analisada por meio das representações mentais internas do mundo externo, o que possibilita ao indivíduo ser resiliente ao poder controlar os tipos de situações que podem surgir (Craik, 1943).

Laird (1983) apropria-se desse conceito como fundamento para a teoria dos modelos mentais, segundo a qual as representações internas podem auxiliar na construção do conhecimento e na tomada de decisões. O cognitivista, então, utiliza a metáfora da máquina para descrever a mente como um sistema que manipula informações para construir o raciocínio.

No campo da Educação, a contribuição de Laird (1983) é a compreensão de que esses modelos mentais são dinâmicos e podem ser atualizados. Por exemplo, a ação do professor pode aprimorar as representações científicas e aproximá-las da literatura, potencializando, assim, a interação do aluno com o mundo e com a natureza.

Nas próximas seções deste documento, serão abordados os objetivos – geral e específicos – que serão o ponto focal para o desenvolvimento da pergunta de pesquisa. Complementando esta abordagem, realizou-se um mapeamento das produções acadêmicas já existentes sobre o tema na seção denominada Revisão de Literatura, para visualizar o panorama sobre a temática e como esta produção poderá contribuir.

Em seguida, é apresentada a fundamentação teórica do trabalho, abordando o panorama do ensino de Química nos dias atuais, a influência do uso de metodologias ativas no ensino de Química, a Cultura *Maker* no Ensino-Aprendizagem, e as bases teóricas dos principais referenciais do texto: o construcionismo de Seymour Papert, teórico da Cultura *Maker* e a Psicologia Cognitivista de Johnson-Laird.

Por fim, antes dos Resultados, é evidenciada a seção Metodologia, que por meio de um estudo de caso em uma escola da região metropolitana do Rio de Janeiro, com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, o professor-pesquisador realizou uma sequência didática nas aulas de Cultura *Maker* e nas aulas de Química, com objetivos de explorar a Metodologia Ativa e identificar por meio da Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) como os objetivos podem ser alcançados.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Busca-se explorar a metodologia Cultura Maker na criação de modelos mentais para o Ensino de Modelos Atômicos, com base a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird.

2.2 ESPECÍFICOS

- I.** Analisar o potencial do Maker na representação do conhecimento químico em seus três níveis: Macroscópico, Microscópico e o Simbólico.
- II.** Melhorar o diagnóstico do professor na mediação da construção do conhecimento por visualizar na prática e explanação, o que o estudante potencialmente internalizou da aula.
- III.** Identificar o papel do professor no desenvolvimento das “imagens mentais” dos estudantes em busca de formar modelos mentais sólidos e adequados a literatura.
- IV.** Desenvolver um produto educacional, a partir das reflexões obtidas durante a pesquisa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O levantamento bibliográfico foi conduzido a partir dos diretórios: Periódicos CAPES e *Scientific Electronic Library Online – SciELO*. Neles, utilizamos as palavras-chave modelos mentais e ensino de química, modelos mentais e cultura *maker*, *mental models and chemistry* e *mental models and maker culture*.

No processo de seleção de critérios para inclusão, consideramos: artigos publicados entre os anos de 2009 e 2023, todos nas línguas portuguesa/inglesa, que abordam a temática dos modelos mentais aplicados ao Ensino de Química ou à Cultura Maker. Os critérios de exclusão, por outro lado, consistiram em: resumos em eventos ou artigos que não cumpriram os critérios de inclusão supracitados, artigos duplicados e os artigos que, após leitura do resumo, não estabeleciam conexão com os temas buscados.

O quadro 1, abaixo, apresenta as palavras-chave: Modelos Mentais, Cultura Maker, Ensino de Química buscadas em português e inglês nos diretórios Periódicos CAPES e Plataforma SciELO. Os resultados das conexões desses itens podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Quantidade de artigos pelas palavras-chave e diretórios.

Palavras-Chave	Periódicos CAPES	SciELO
Modelos Mentais e Cultura Maker	1	0
Modelos Mentais e Ensino de Química	17	1
<i>Mental models and Chemistry</i>	0	0
<i>Mental Models and Maker</i>	0	0

Dos 19 artigos analisados, 7 foram descartados a partir dos critérios de exclusão citados anteriormente. No Quadro 2 categorizamos os artigos com base o autor/ano, título, objetivo/método e resultados.

Quadro 2 - Distribuição dos artigos conforme autor, ano, título, objetivo e resultados

Autor, ano.	1 – Cascaes, Cavalcante, 2023
-------------	-------------------------------

Título	O Papel do Professor e a necessidade de alfabetização tecnológica e científica dos jovens com o auxílio da Cultura Maker.
Objetivos	Dialogar com teóricos referentes ao assunto sobre essas questões que envolvem a apropriação, por parte dos alunos, dessas tecnologias aqui apresentadas. Método: revisão bibliográfica.
Resultados	Os resultados obtidos apontam que a aprendizagem precisa ser pensada em todos as suas necessidades, de acordo com a proposta que faz uso da cultura Maker.
Autor, ano.	2 - PIVA et al., 2021.
Título	O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada
Objetivos	Analisar e, possivelmente, aprimorar os modelos mentais dos alunos sobre a concepção de elemento químico, bem como propriedades relacionadas às estruturas atômicas.
Resultados	As atividades realizadas demonstraram melhorias significativas nos modelos mentais dos alunos em relação aos conceitos trabalhados. Inicialmente, muitos estudantes apresentaram ideias simplistas ou equivocadas, mas, ao final, seus modelos mentais se tornaram mais sofisticados, com elementos mais alinhados aos modelos científicos.
Autor, ano.	3 – Rodrigues, Gibin, 2021
Título	Modelos Mentais Dos Alunos Sobre A Pilha De Daniell: Investigação Com O Aplicativo Stop Motion
Objetivos	Foi aplicado um minicurso de 9 horas para 23 alunos, o qual envolveu a elaboração de animações por meio do aplicativo Stop Motion, realização de experimentos e relatórios pelos alunos.
Resultados	Os vídeos em Stop Motion revelaram dificuldades dos alunos em compreender a estequiometria, a transferência de elétrons e as etapas intermediárias das reações químicas. Esses pontos falhos, identificados pela técnica, podem ser corrigidos pelo professor durante

	o processo de ensino-aprendizagem.
Autor, ano.	4 – Durand, Garcia, 2020
Título	Pesquisa Bibliográfica: As reações de oxirredução de acordo com os Modelos Mentais
Objetivos	A pesquisa visa investigar em 21 periódicos Qualis A1 e A2 de Ensino de Química e de Ciências, que vêm relacionando os modelos mentais e conceituais das reações químicas de oxirredução.
Resultados	Do total de trabalhos analisados, em três é possível observar o quão distantes estão os modelos mentais dos estudantes dos modelos conceituais de oxirredução, além de averiguar quais suas principais dificuldades, equívocos e concepções ingênuas/alternativas sobre este conteúdo.
Autor, ano.	5 – Mateus et al, 2021
Título	Potencialidades do uso de animações em stop motion para investigação de modelos mentais sobre conceitos químicos
Objetivos	A pesquisa visa discorrer sobre o uso de animação em stop motion como um instrumento de coleta de dados para se investigar as representações mentais dos sujeitos sobre conceitos químicos, em especial sobre seu caráter dinâmico.
Resultados	Destacaram para o fato de se tratar de uma técnica de fácil aplicação, de baixo custo e que permite a representação dinâmica pelos alunos dos fenômenos químicos considerando o nível submicroscópico.
Autor, ano.	6 – Freitas Filho et al, 2009
Título	Modelos Mentais dos Estudantes do Ensino Médio e a Química dos alimentos
Objetivos	Foram observados durante dois semestres letivos com a finalidade de determinar o tipo de modelo mental que eles teriam utilizados durante a abordagem da temática química dos alimentos.
Resultados	A análise permitiu aos autores concluírem que a construção dos modelos mentais dos estudantes depende do contato deles com o

	exterior.
Autor, ano.	7 – Camargo et al, 2018
Título	Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e sobre o uso de um jogo didático
Objetivos	Explorar e discutir as representações mentais do átomo, a partir de desenhos feitos pelos alunos, mostraram-se importantes para problematizar a ideia da criação de modelos para algo que não se vê, refletindo sobre o papel dos atomistas.
Resultados	As ferramentas utilizadas mostraram bom potencial para o ensino de modelos atômicos, mas precisam de uma mediação consciente do professor. Conclui-se ser fundamental que o ensino de modelos atômicos seja precedido, ou problematizado, concomitantemente, por discussões que tenham por base o uso da linguagem, a exploração da ideia de representação e uso de modelos e analogias, para dar coerência ao aprendizado dos estudantes.
Autor, ano.	8 – Barboza et al, 2022
Título	Uso de um aplicativo na construção de representações de moléculas orgânicas durante o Ensino Remoto.
Objetivos	Compreender e promover melhorias nos modelos mentais dos alunos da 3ª série do Ensino Médio. Trabalharam-se conteúdos de Química Orgânica por meio do aplicativo de smartphone ModelAr Organic Chemistry.
Resultados	Na atividade com o aplicativo, os estudantes representaram de maneira adequada a maioria das moléculas orgânicas solicitadas. Assim, há evidências de que o uso desse aplicativo em uma proposta de ensino cognitivista possibilita ao aluno construir e representar de maneira fácil seus modelos mentais sobre moléculas orgânicas.
Autor, ano.	9 – Silva et al, 2017
Título	Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de Química

Objetivos	Buscou contribuir com o Ensino através da confecção de modelos moleculares tridimensionais, reutilizando materiais encontrados no cotidiano, e da aplicação destes em sala de aula para avaliar sua influência na aprendizagem de química do ensino médio e superior, nos conteúdos de geometria molecular e estereoisomeria.
Resultados	Traduziu-se uma iniciativa que contribuiu de forma significativa para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que ajudou os alunos na visualização tridimensional das moléculas e no desenvolvimento da percepção sensorial desses.
Autor, ano.	10 – Santos et al, 2016
Título	Identificando Modelos Mentais de Equilíbrio Químico: Uma alternativa para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem
Objetivos	Objetivamos identificar os possíveis modelos mentais, dos licenciandos do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe (UFS), sobre Equilíbrio Químico e compreender de que forma esses modelos foram construídos e como o reconhecimento desses modelos mentais auxilia na formação de professores.
Resultados	Revelaram as dificuldades dos licenciandos em compreender equilíbrio químico, sua definição e sua dinâmica, além de apresentar modelos pouco complexos que se aproximam dos apresentados por alunos do ensino médio. O conhecimento desses modelos mentais pode auxiliar na seleção de estratégias de ensino durante a formação de professores, na tentativa de tornar tais estruturas mentais mais complexas e próximas do modelo científico necessário para a compreensão da linguagem científica.
Autor, ano.	11 – Marques et al, 2020
Título	Análise de evidências sobre a representação de modelos mentais em Ligações Químicas: concepções de licenciandos em Química
Objetivos	(1) Analisar qualitativamente os itens presentes no instrumento utilizado para levantar os modelos mentais dos licenciandos; (2)

	Caracterizar modelos mentais de licenciandos em Química, ainda cursando a disciplina Química Geral, sobre ligações químicas.
Resultados	Os licenciandos apresentaram dificuldades em responder a maioria dos itens, principalmente aqueles que apresentavam representações de algum fenômeno e/ou modelo explicativo de entidades fenômeno, desconsiderando a representação de cargas elétricas, a interação entre cargas elétricas, o rompimento de interações intermoleculares, confundindo com o rompimento de ligações, isso aponta para modelos mentais pouco elaborados e não nítidos.
Autor, ano.	12 – Silva et al, 2018
Título	Modelização didática no Ensino De Química: Construindo representações mentais sobre as estruturas dos átomos
Objetivos	Analisar a utilização da modelização didática no ensino e aprendizagem dos modelos atômicos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr. Com isso, verificar as influências dos modelos didáticos na formação das representações mentais nos estudantes.
Resultados	Ao término da pesquisa foi constatado que os estudantes não apresentam dificuldades em compreender os modelos atômicos quando trabalhados com base na modelagem didática e que sua utilização estimulou a produção de representações do tipo imagem e modelo mental.

Os artigos selecionados apresentam como característica principal o uso de ferramentas tecnológicas diferentes das usuais utilizadas na metodologia tradicional, como o quadro negro ou quadro de giz. Estas novas estratégias de ensino apontam diretamente para a preparação prévia do professor para planejar e utilizar esses recursos.

Somado ao papel do professor, a utilização de aspectos Makers e atividades manuais nos temas de Química, como Equilíbrio Químico e Eletroquímica, citados nos artigos, desempenham a funcionalidade de, principalmente, demonstrar, com ferramentas cotidianas, os processos científicos e fenômenos relacionados a estas áreas da Química.

Como exemplo, destacamos a pesquisa bibliográfica feita por Durand (2020), que evidencia estudantes tendo amplas dificuldades no conceito de Oxirredução, cujos erros puderam ser observados e revisados pelo professor através dos modelos mentais elaborados em seus projetos manuais, ratificando a expressão significativa que possui uma atividade “Faça você mesmo”.

Em relação à temática dos Modelos Atômicos, o qual é o foco principal deste trabalho, nota-se que 2 dos 12 artigos apresentam a mesma temática. O primeiro, cujo título é “Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático”, trabalha os modelos atômicos na perspectiva de desenhos de seus estudantes.

Camargo et al (2018) afirma que

“Conclui-se ser fundamental que o ensino de modelos atômicos seja precedido, ou problematizado concomitantemente, por discussões que tenham por base o uso da linguagem, a exploração da ideia de representação e uso de modelos e analogias, para dar coerência ao aprendizado dos estudantes.” (Camargo et al, 2018, p. 1)

O processo de dar forma física ao pensamento do estudante, sob essa lógica, caminha em paralelo com o aprendizado. Observa-se esta perspectiva em livros didáticos que, a todo momento, recorrem a figuras e modelos objetivados a auxiliar a materialização de um conceito utópico para o estudante representar mais facilmente em sua mente.

Desta forma, o presente documento visa estabelecer, por meio da Cultura Maker, o que os estudantes internalizaram a respeito dos modelos atômicos dos cientistas Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld e Schrödinger, a fim de conduzir um estudo sobre os modelos mentais, sobre a Cultura Maker e sobre o papel do professor nesse contexto.

O segundo trabalho, cujo título é “Modelização Didática no ensino de Química: Construindo Representações Mentais Sobre As Estruturas Dos Átomos”, trabalha a perspectiva inversa, na qual os professores elaboram modelos com intuito de facilitar os estudantes em suas representações mentais.

“os modelos científicos usados pelos professores têm finalidade de facilitar a compreensão dos sistemas e fenômenos químicos, físicos e biológicos, formulando modelos mentais nos alunos... considera-se importante que a utilização de modelos didáticos tenha por finalidade promover meios para os alunos compreenderem os modelos científicos..., a modelização didática é uma das formas para desenvolver nos estudantes a capacidade de formular seus modelos mentais semelhantes aos conceituais.”

(da Silva, 2018, p. 190)

Ao longo da atividade proposta, notou-se um maior ímpeto dos estudantes em querer aprender sobre os modelos atômicos, à medida que tateavam e manuseavam os modelos elaborados pelos professores, reforçando a ideia de que, ao materializar algum tipo de conceito e permitir que os estudantes manuseiem, criando ou não, aguça-se o potencial de um ensino de química mais engajado e curioso.

“Quanto a atividade de modelização didática por parte dos alunos, foi possível observar que a produção dos modelos didáticos incentivou os discentes a uma reflexão e pesquisas bibliográficas sobre as características e conceitos dos modelos atômicos.” (da Silva, 2018, p. 192)”

Portanto, incentivar e apoiar projetos que visam estabelecer sobre um material uma potencial internalização do estudante sobre o conteúdo dos modelos atômicos pode tornar a dinâmica das aulas mais fluida e, com os conhecimentos dos mediadores acerca dos modelos mentais e suas estruturas de cognição, potencialmente ajudar no aprendizado dos estudantes.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 PANORAMA DO ENSINO DE QUÍMICA NOS DIAS ATUAIS

A Química e as Ciências da Natureza buscam a compreensão de fenômenos naturais que, por serem dinâmicos e, por vezes, abstratos, apresentam um desafio duplo em sala de aula: primeiro para o professor, que deve encontrar maneiras de impactar o estudante; e, para o aluno, que, baseado em sua subjetividade, procura atribuir significado aos fenômenos apresentados (Reis, 2021).

Dessa forma, o professor torna-se o agente mais importante e protagonista na condução do estudante ao entendimento. No entanto, Reis (2021) observa que o ensino de Química ainda é frequentemente conduzido de maneira tradicional pelos professores, com poucos momentos de reflexão e aplicação dos conteúdos. Esse método de ensino torna o conhecimento cumulativo e acessível apenas ao professor, sem promover criticidade e reflexão sobre o conteúdo abordado (Toma; Greca; Meneses-Villagrà, 2017).

A percepção de Reis (2021) mostra um padrão de ensino antagônico ao que foi preconizado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1998), nas quais a Química no Ensino Básico deve ser abordada de maneira a promover uma compreensão mais crítica e contextualizada, conforme afirmado no documento:

“a) Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade... g) Apropriar-se dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural... j) Entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social. l) Aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.”(Brasil,1998, p.13)

As Diretrizes Curriculares Nacionais contemplam contextos cujo objetivo é relacionar de forma orgânica os conhecimentos adquiridos nas aulas de Ciências Naturais ao cotidiano dos alunos. Essa missão aumenta a responsabilidade do professor, que necessita de infraestrutura adequada nas instituições escolares para implementar estratégias eficazes e impactar seus estudantes.

O discurso de Reis (2021) pode ser contextualizado pelo Censo-INEP 2023, que revela que apenas 10% das escolas públicas do Brasil e 21% das escolas privadas contemplam laboratórios de Ciências. Assim, um dos principais recursos que

o professor de Ciências pode utilizar para construir significados experimentais dos conceitos com os estudantes está limitado a restritas realidades escolares.

Portanto, o professor precisa adotar novas metodologias em sala de aula que tornem o estudante protagonista da construção do seu próprio conhecimento, como as Metodologias Ativas. Essas metodologias podem, muitas vezes, oferecer caminhos para o entendimento dos alunos mesmo com recursos limitados.

4.2 USO DE METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Santos e Schnetzler (1996) argumentam que o ensino de Química não pode ser desassociado da realidade dos estudantes, pois isso pode reforçar uma percepção negativa da disciplina e tangenciar seu verdadeiro significado. Assim, é fundamental buscar uma ressignificação do papel do professor em sala de aula, transformando-o em mediador do conhecimento.

As Metodologias Ativas têm esse objetivo, além de desenvolver novas habilidades que tornam o aprendizado mais cativante, como "criatividade, curiosidade pela ciência, criticidade, autoavaliação, cooperação para o trabalho em equipe, senso de responsabilidade, ética e outras" (Komatsu et al., 1998, p. 234).

Moran (2015) ressalta que "nas metodologias ativas de aprendizagem, o aprendizado se dá a partir de problemas e situações reais", contribuindo para essa afirmação ao relacionar a dinâmica das metodologias à necessidade de contextualização com o cotidiano dos alunos. Berbel (2011, p. 28) lista os pontos positivos apresentados por estudantes que participaram dessas metodologias:

a motivação (apresentando motivação intrínseca, a percepção de competência, pertencimento, curiosidade, internalização de valores); 2 - ao engajamento (com emoções positivas, persistência presença nas aulas, [...]); 3 - ao desenvolvimento (evidenciando autoestima, autovalor, preferência por desafios ótimos, criatividade); 4 - à aprendizagem (melhor entendimento conceitual processamento profundo de informações, uso de estratégias autorreguladas); 5 - à melhoria do desempenho em notas, nas atividades, nos resultados em testes padronizados); e 6 - ao estado psicológico (apresentando indicadores de bem-estar, satisfação com a vida, vitalidade (Berbel, 2011, p. 28).

Dentre as Metodologias Ativas que produzem os pontos positivos citados, destacam-se a Cultura Maker, a Sala de Aula Invertida, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a Gamificação, o Estudo de Caso, entre outras. Nessas formas de ensino, é possível observar características de Teorias de Aprendizagem de autores que contrapunham o modelo tradicional de educação. Exemplos incluem o

construtivismo de David Ausubel (1918-2008), Johnson-Laird (1936) e Jean Piaget (1896-1980).

4.3 A CULTURA MAKER NO ENSINO-APRENDIZAGEM

A sala de aula da Metodologia Ativa Cultura Maker precisa ser envolvente e interessante para os estudantes, de modo que o espaço físico favoreça a interação com as tecnologias que são recursos no processo de aprendizagem (Moran, 2010). A metodologia deriva do movimento "Do It Yourself" – Faça você mesmo –, que incentiva as pessoas a criarem, alterarem, consertarem e produzirem materiais com as próprias mãos, promovendo uma nova forma de refletir sobre um problema a partir da construção (Silveira, 2016).

A experimentação, sob essa ótica, é o alicerce da Cultura Maker. Na educação, a exposição à “mão na massa” pode significar processos de aprendizagem que incentivam o trabalho coletivo e a resolução criativa e compassiva de problemas (O’Neill; Moore; McMullin, 2005).

Segundo o site Clarity (2024), a Cultura Maker se baseia em quatro pilares estruturantes: criatividade, colaboratividade, sustentabilidade e escalabilidade. A sinergia desses fundamentos faz com que o aprendizado em Maker se torne prazeroso e divertido, corroborando os pressupostos de Dale Dougherty (2011), uma figura central no desenvolvimento e popularização da Cultura Maker, que “relaciona a criação e o fazer com o brincar, com o ato de descobrir coisas novas em grupo, compartilhando experiências.” Em síntese, integrar esses aspectos ao ensino torna a metodologia relevante e adequada a diversas aplicações.

“Por meio da criatividade os “makers” são instruídos a “fabricar” com as próprias mãos (construção do próprio conhecimento) e a buscar soluções simples para problemas complexos. A cooperação com os seus pares na construção do conhecimento, levando em consideração um trabalho em rede e fazendo com que os saberes se somem é a premissa da colaboratividade. A sustentabilidade propõe que o desperdício de materiais (podemos ampliar o conceito para recursos) deve ser evitado e que se deve ressignificar usos e funções quando possível. Criar soluções que sejam passíveis de serem produzidas em escala e com um custo acessível é o indicado por meio do quarto pilar, a escalabilidade.” (CLARITY, 2024, p.1)

Dale Dougherty fundou, em 2005, a revista Make, que promoveu diversos experimentos e contribuiu para o desenvolvimento de uma Educação Maker, pautada nos princípios Construtivistas de Jean Piaget e Construcionistas de Seymour Papert. O termo "learning by doing", do Movimento Maker, enfatiza que os estudantes

aprendem fazendo (Apdz, 2024).

Ainda segundo Apdz (2024), a Cultura Maker utiliza prioritariamente tecnologias como impressoras 3D, cortadoras a laser, Arduino e outros elementos da robótica. No entanto, também pode ser adaptada com recursos de baixo custo, promovendo um pensamento de construção mais acessível. Além de construir, o indivíduo precisa pensar nos materiais que utilizará, tornando o aprendizado mais complexo e interessante.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é possível observar competências que a Metodologia Maker pode desenvolver, tais como: “exercitar a curiosidade; recorrer à imaginação e à criatividade; utilizar diferentes linguagens para se comunicar; compreender tecnologias digitais; formular e defender ideias” (Brasil, 2018). Em suma, a Cultura Maker oferece aspectos que auxiliam o professor a propor atividades dinâmicas, utilizando materiais de alto ou baixo custo, com o objetivo de promover a aprendizagem dos estudantes. Tudo isso é fundamentado em Teorias da Aprendizagem, com destaque para as de Seymour Papert (1980) e Dale Dougherty (2011, 2016).

No entanto, existem outras teorias que abordam autores que também refletiram sobre a Cultura Maker, focando o estudante como protagonista de seu próprio aprendizado. Com base na pesquisa de Raabe (2018), citada por Almeida et al. (2022), podem ser identificados os cinco autores, no quadro 3 abaixo, como precursores pedagógicos do pensamento maker.

Quadro 3 - Teóricos precursores na Cultura Maker

Autor	Abordagem pedagógica – cultura maker
Dewey (1976)	Os conteúdos teóricos deveriam ser trabalhados de acordo com as experiências da vida real, em que os componentes curriculares deveriam ser aplicados para que eles entendessem a realidade de suas vidas.
Papert (1980)	Os alunos desenvolvem projetos nos quais assumem o protagonismo, realizando a criação de um objeto que, em seguida, é socializado.
Freire	O educador e o(a) aluno(a) deveriam estabelecer um processo de

(1996)	comunicação de igualdade, expressando suas ideias e opiniões de maneira igualitária.
Blinkstein (2013)	Os projetos desenvolvidos devem ser significativos, em um nível pessoal ou comunitário, nos quais eles possam sugerir soluções educacionais e de empoderamento.
Dougherty (2016)	Quando o(a) alunos(a) constrói um objeto, através dele está demonstrando o que aprendeu, e o objeto apresenta a evidência da aprendizagem.

Fonte: Almeida et al. (2022)

4.4 O CONSTRUCIONISMO E A PSICOLOGIA COGNITIVISTA

Nesta seção, serão abordadas as bases teóricas que fundamentam a Cultura Maker e a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird e de que forma estes elementos se complementam.

4.4.1 Construcionismo

Seymour Papert, em 1991, cunhou o termo Construcionismo e elaborou o livro *Situating Constructionism* para explicar essa Teoria da Aprendizagem. Papert, matemático e educador norte-americano, professor emérito do MIT e nascido na África do Sul, dedicou sua vida ao estudo de como ocorre a construção do conhecimento humano, com uma base fundamental no Construtivismo de Jean Piaget (1896-1980) (MIT, 2016).

Papert foi pioneiro na área de inteligência artificial e no desenvolvimento de tecnologias educacionais. Além disso, defendia o uso de computadores e de outras tecnologias como ferramentas que auxiliariam no processo de ensino e de aprendizagem. Segundo o MIT (2016), em uma matéria sobre seu professor emérito:

“[...] Papert reconheceu que os computadores podem ser usados não apenas para fornecer informações e instruções, mas também para capacitar as crianças a experimentar, explorar e se expressar. Além disso, foi este matemático quem introduziu a ideia de que “[...] a programação de computadores e a depuração podem fornecer às crianças uma maneira de pensar sobre seu próprio pensamento e aprender sobre seu próprio aprendizado” (MIT, 2016, p.1).

Em resumo, a ideia do “aprender-fazendo” sugere que as crianças têm uma maior probabilidade de assimilação quando são expostas a modelos tangíveis que elas mesmas criaram. O Construcionismo também acrescenta a ideia de que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os alunos estão envolvidos na

criação de algo tangível e na construção ativa do conhecimento (Massa, 2022).

Papert (1985) afirma que a educação depende de um alicerce fundamental: “[...] qualquer coisa é simples se a pessoa consegue incorporá-la ao seu arsenal de modelos”. Isso significa que o aprendizado é facilitado quando o indivíduo pode relacionar novas informações ao contexto que já domina, seja social, seja acadêmico. Caso contrário, “tudo pode ser extremamente difícil; o que o indivíduo pode aprender e como ele aprende isso depende dos modelos que tem disponíveis [...]”, ou seja, como as estruturas intelectuais se desenvolvem a partir de outras e, nesse processo, adquirem formas lógica e emocional (Papert, 1985, p. 13).

O autor sintetiza essa percepção ao retratar a sala de aula como um instrumento de mediação entre o estudante e o conhecimento. Nessa lógica, o aluno deve ser o protagonista de sua própria construção, utilizando instrumentos tangíveis, enquanto o professor atua como mediador na criação de modelos e para a assimilação do conhecimento pelos estudantes.

Massa (2022) discorre que:

“O construcionismo corresponde, portanto, a uma nova abordagem no contexto educacional. Papert (1991) postula que, essa teoria se baseia na construção de estruturas de conhecimento em que o aprendiz está engajado de forma consciente na construção de objeto, seja ela um castelo de areia ou uma teoria do universo. Neste contexto, Papert enfatiza a importância de se enriquecer os ambientes de aprendizagem com o uso do computador e o ambiente LOGO (MASSA, 2022, p. 131).”

Com base na teoria da aprendizagem postulada por Papert (1985, 1991), entende-se que a Cultura Maker é fundamentada pelo Construcionismo. Ela reflete as principais características desse movimento por meio do "Do it Yourself" (Faça Você Mesmo), que ilumina o conceito de “aprender fazendo” proposto por Papert.

4.4.2 Psicologia Cognitivista

A Ciência Cognitivista é uma área da Psicologia que visa estudar os processos mentais e seu desenvolvimento. Essa seção ganhou destaque quando Wilhelm Wundt (1832-1920) dedicou sua vida, no final do século XIX, para elevar a Psicologia ao status de Ciência, respeitando toda a Metodologia Científica, perspectiva que impulsionou o surgimento de correntes teóricas como o Estruturalismo (Neufeld & Stein, 1999).

O Estruturalismo identifica a Psicologia como a Ciência da Consciência e da Mente, considerando a mente como uma “soma de processos estruturais”, em que esta, aliada à consciência, são resultantes dessa estruturação. Wundt acreditava que os eventos mentais poderiam ser observados, analisados e que, através da introspecção — o “observar o interior” —, esses processos e eventos poderiam ser estudados.

Diversos grupos de Cognição e seus estudos surgiram dessas premissas, mas foi com o advento do computador digital que essa área ganhou força. Isso ocorreu porque foi possível relacionar diretamente a mente humana a um processo computacional, no qual se podiam resolver situações complexas em segundos devido à linguagem de códigos binários (Neufeld & Stein, 1999).

Segundo Best (1992):

“se no computador esse processo funcionava, teoricamente a máquina poderia simular o comportamento humano, o que levou os psicólogos a desenvolver modelos de comportamento baseados nas idéias de feedback e operações binárias. Esses modelos foram muito bem aceitos por demonstrar que feedback e operações binárias aproximam-se das ações humanas e poderiam ter um poder explanatório forte suficiente para mudar a visão behaviorista. (Neufeld & Stein, 1999, p.81)”

A partir dessa premissa, Best (1992) Eysenck & Keane (1994) elaboraram noções básicas que contextualizam a mente e a forma com que ela processa os dados e informações concebidas:

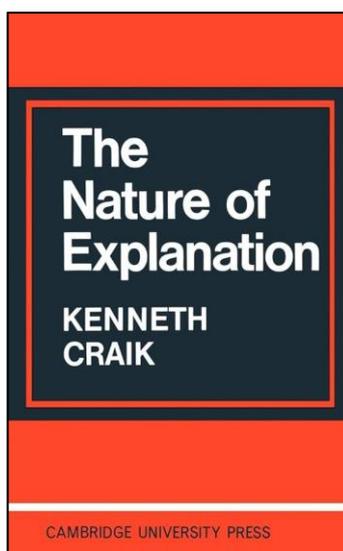
1. A mente é formada por processos cognitivos interrelacionados.
2. O principal responsável pela vida mental é a organização do conhecimento.
3. Processos cognitivos que sustentam eventos mentais devem ocorrer dentro de uma ordem específica, pelo menos em algumas situações.
4. Já que eventos mentais são abstratos, serão mais facilmente compreendidos utilizando uma análise abstrata e, apesar de depender de substrato neurológico, não se restringem a ele.
5. O ser humano é autônomo e interage com o mundo externo intencionalmente.
6. A interação se dá através da mente, que é um processador de símbolos e significados, as quais estabelecerão relação com as coisas do mundo externo. (Neufeld & Stein, 1999, p.84)

A teoria que aproxima a mente do computador propõe um modelo que torna possível construir uma ciência a partir desse conceito. No entanto, é intrínseco a essa abordagem da Psicologia reconhecer que as atividades da mente — como sentimentos, pensamento, memórias de longo e curto prazo, e a própria linguagem —

são eventos mais complexos do que os processos computacionais. Isso evidencia, assim como em outras ciências, que o modelo é uma ferramenta crucial para o estudo e aprofundamento de teses.

4.5 KENNETH CRAIK E O HISTÓRICO DOS MODELOS MENTAIS

Figura 2 - The Nature of explanation - Livro de Kenneth Craik



Fonte: <https://www.amazon.com.br/Nature-Explanation-David-Ed-Craik/dp/0521094453>

O livro de Kenneth Craik, publicado em 1943, é uma obra seminal na área da Ciência e Psicologia Cognitiva. O autor enfatiza que o cérebro humano constrói modelos mentais, ou seja, simulações do mundo na mente, que permitem prever eventos futuros e buscar racionalidade no observável.

Craik (1943) sustenta que a compreensão humana depende desses modelos mentais, que são representações simplificadas da realidade. Quando uma pessoa tenta explicar um fenômeno, ela está, na verdade, usando esses modelos internos para descrever e prever como o mundo funciona. Por exemplo, ao tentar explicar como um carro funciona, uma pessoa pode usar um modelo mental que simplifica o motor, a transmissão e outros elementos para compreender o processo como um todo.

Craik foi o primeiro a cunhar o termo "Modelo Mental" e desenvolveu uma metodologia detalhada sobre esses modelos, abordando como podem ser atualizados, construídos e, principalmente, utilizados pelo cérebro para interpretar novas informações e resolver problemas, com foco na previsão de eventos futuros.

Costa (2019) disserta que:

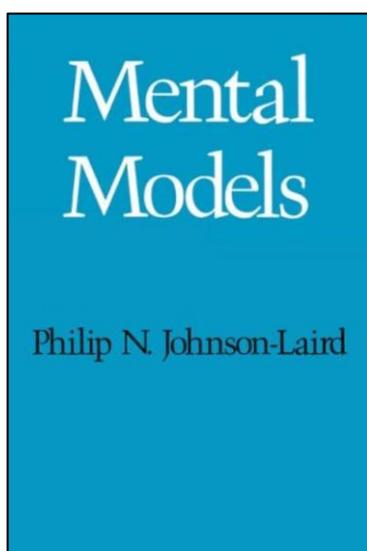
“Craik (1943) delineou sua teoria baseando-se no pressuposto de que

o sistema nervoso do homem é uma máquina capaz de modelar os eventos externos da realidade e que esse processo de modelagem seria a característica básica do pensamento e o responsável por conceder as explicações do que ocorre no mundo. Destacou ainda, que a busca do ser humano por explicações justifica-se pelos resultados encontrados ao final que seriam o insight e a possibilidade de antecipação aos fatos, os quais proporcionariam ao indivíduo uma precedente adaptação comportamental diante de um problema. A modelagem da realidade por meio do pensamento, delineada por Craik, incita uma diferente contemplação do mundo além da simples observação, em que o indivíduo, conscientemente, buscaria uma transladação mais acurada da realidade para sua mente. Ou seja, uma busca inteligente por um entendimento melhor dos fatos circundantes. (Costa, 2019, p. 12)”

Dessa forma, Kenneth Craik (1914–1945) tornou-se precursor do termo "Modelo Mental" e de sua descrição, servindo como inspiração para a Teoria dos Modelos Mentais desenvolvida por Phillip Johnson-Laird na década de 1980. Johnson-Laird aprofundou e direcionou a teoria para a compreensão da racionalização e da lógica humana.

4.6 JOHNSON-LAIRD E A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS

Figura 3 - Mental Models - Livro de Johnson-Laird



Fonte: <https://www.amazon.com/Mental-Models-Cognitive-science-Johnson-Laird/dp/0674568818>

Publicado em 1983 pelo psicólogo cognitivista Phillip Johnson-Laird, este livro foi o ponto de partida para o aprofundamento da teoria dos Modelos Mentais, inicialmente proposta por Kenneth Craik em 1943. Para compreender a teoria de Johnson-Laird, é fundamental diferenciar os tipos de representações mentais que serviram como alicerces para sua construção: as representações análogas e as representações proposicionais.

Eisenck e Keane (1994) citam que:

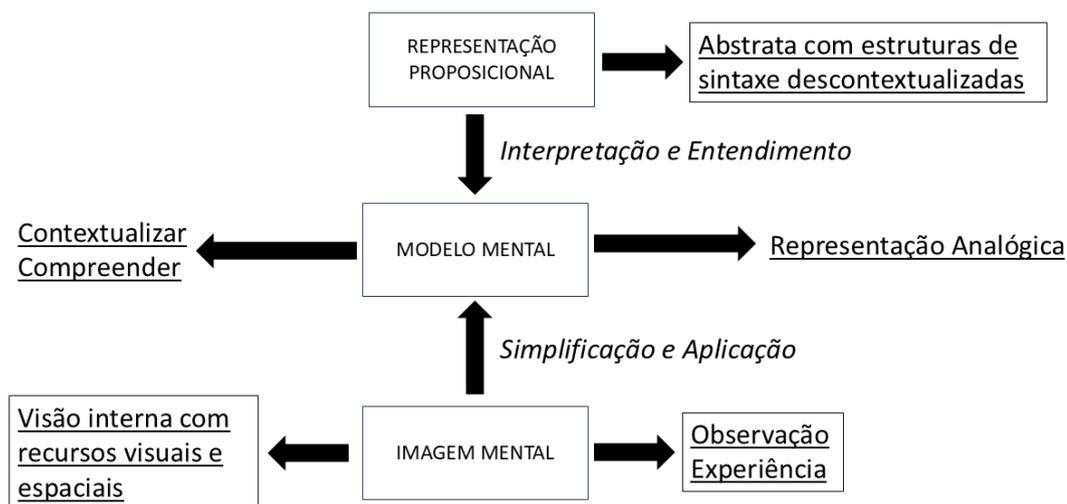
“As representações analógicas são não-discretas (não-individuais), concretas (representam entidades específicas do mundo exterior), organizadas por regras frouxas de combinação e específicas à modalidade através da qual a informação foi originalmente encontrada. As representações proposicionais são discretas (individuais), abstratas, organizadas segundo regras rígidas e captam o conteúdo ideacional da mente independente da modalidade original na qual a informação foi encontrada, em qualquer língua e através de qualquer dos sentidos. (Eisenck e Keane, 1994 apud Moreira, 1996, p.191)”

Laird (1983), para conceituar os modelos mentais, caracterizou-o sendo:

“representações analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos, objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo (imagem) e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento.(Johnson-Laird, 1983 apud Moreira, 1996, p.194)”

Os modelos mentais refletem o mundo, uma situação ou um conceito científico, permitindo que o indivíduo manipule essa realidade gerada pelo cérebro para racionalizar e criar induções sobre o observável. Esses modelos carregam características analógicas (imagéticas) e proposicionais (lógicas); à medida que o indivíduo racionaliza sobre o que ocorreu, é possível observar essa dinâmica no diagrama abaixo:

Figura 4 - Diagrama dos Modelos Mentais



Fonte: Autoria Própria

Na Educação, o modelo mental de um determinado conceito deve ser abrangente, a fim de cobrir desde o básico até o mais aprofundado sobre o conceito

em questão. Isso implica a construção estrutural do conceito na mente, refletindo com precisão o observável, a metodologia de gestão do observável e a análise crítica sobre o tema, para garantir a veracidade do conceito (Moreira, 1996).

Laird (1983), citado por Hampson e Morris (1996), sugere que as pessoas raciocinam por meio de modelos mentais, que são “blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaados conforme necessário”. Essa definição é metodologicamente aplicável a todas as ciências para a explicação de conceitos. Os modelos mentais, assim, são essenciais para a compreensão de fenômenos e podem ser reorganizados para facilitar a explicação.

Com intuito de destacar os limites da teoria dos modelos mentais, Norman (1983) caracteriza, com base suas leituras em Laird (1983), que:

1. modelos mentais são incompletos;
2. a habilidade das pessoas em “rodar” seus modelos mentais é muito limitada;
3. modelos mentais são instáveis: as pessoas esquecem detalhes do sistema modelado, particularmente quando esses detalhes (ou todo o sistema) não é utilizado por um certo período de tempo;
4. modelos mentais não têm fronteiras bem definidas: dispositivos e operações similares são confundidos uns com os outros;
5. modelos mentais são “não-científicos”: as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários (por exemplo, apertar a tecla CLEAR, ou a tecla ENTER, de uma calculadora várias vezes, desnecessariamente, “só para ter certeza”); os modelos mentais de uma pessoa refletem suas crenças sobre o sistema físico;
6. modelos mentais são parcimoniosos: frequentemente as pessoas optam por operações físicas adicionais ao invés de um planejamento mental que evitaria tais operações; as pessoas preferem gastar mais energia física em troca de menor complexidade mental. (Norman, 1983 apud Moreira, 1996, p. 200)

Na escola, o professor enfrenta o desafio de instigar seus estudantes a desenvolverem modelos mentais mais completos. Isso pode ser alcançado por meio da repetição e da utilização de diferentes estratégias de ensino, com o objetivo de possibilitar a resolução de problemas utilizando os modelos mentais dos alunos. Ao longo do processo educativo, observa-se que a principal funcionalidade dos modelos mentais é precisamente o raciocínio por meio deles. Portanto, pode-se afirmar que o aprendizado é mediado por esses modelos.

Desta forma, Moreira (1996) indica que:

“Modelos mentais não derivados da percepção podem ser construídos

para representar situações verdadeiras, possíveis ou imaginárias. Tais modelos podem, em princípio, ser físicos ou conceituais, mas, em geral, são construídos a partir do discurso e este requer um modelo conceitual. (Moreira, 1996, p.212)”

Amplamente utilizado nas ciências, o empirismo exige que os estudantes e toda a comunidade científica representem os modelos enfatizados para a constatação de uma teoria. Isso implica ter a capacidade de construir modelos mentais que permitem explorar um conceito, desde o básico até sua complexidade, para compreendê-lo de maneira completa.

4.7 ANÁLISE FENOMENOLÓGICA INTERPRETATIVA (AFI)

A análise dos recursos elaborados pelos estudantes será realizada por meio da AFI – Análise Fenomenológica Interpretativa. A principal referência para essa análise será o livro *Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI): Fundamentos Básicos e Aplicações em Pesquisa*, de Tombolato e dos Santos (2020), e o livro *Interpretative Phenomenological Analysis: Theory, Method, and Research*, de Smith, Flowers e Larkin (2009).

Segundo Tombolato e dos Santos (2020), esta análise:

“Trata-se de um estudo de caráter teórico-metodológico, que aborda os pilares de uma proposta recente de compreensão fenomenológica, sistematizada a partir da aproximação com aportes da hermenêutica e da idiografia. Estudos teórico-metodológicos se justificam por iluminar determinado campo de investigação que apresenta potencial de inovação e reflexão metodológica, considerando a dinâmica criativa das teorias e metodologias de pesquisa. Estas teorias/metodologias caracterizam um universo que está sempre em expansão, na medida em que novos desafios se apresentam para o campo da pesquisa em ciências humanas e sociais.”

Destarte, busca-se aproximar a pesquisa realizada dos fatores fenomenológicos, hermenêuticos e idiográficos. A Fenomenologia é uma área da filosofia dedicada a compreender fenômenos conforme eles se apresentam a partir de uma determinada consciência. Edmund Husserl, pioneiro nesta área, discorre que a Fenomenologia "pretende perscrutar essa aparição no sentido de captar a sua essência (aquilo que o objeto é em si mesmo), isto é, 'ir ao encontro das coisas em si mesmas'" (Husserl, 2008, p. 17).

A captação da essência relaciona-se diretamente com a cultura e com a história acadêmica do indivíduo associado ao fenômeno (Tombolato et al., 2020). Nesta primeira categoria, o professor e analista visa compreender cada particularidade dos experimentos realizados pelos estudantes. O objetivo é captar a essência do que eles

construíram na Cultura Maker, observando cada detalhe com o auxílio de entrevistas e dos objetos físicos como fenômenos, associando-os aos estudantes.

“Quando as pessoas estão envolvidas com “uma experiência” de algo maior em suas vidas, independentemente de ela ser valorada como positiva ou negativa, elas começam a refletir sobre o significado do que está acontecendo, e a pesquisa na AFI tem por objetivo envolvê-las nessas reflexões[...] na AFI, as tentativas de compreender as relações das pessoas com o mundo são necessariamente interpretativas, e vão focalizar as suas tentativas de atribuir significado para as atividades e coisas que acontecem com elas, na medida em que acontecem.” (Larkin, Watts, & Clifton, 2006, p.297).

De caráter interpretativo, a Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) tem como pilar a hermenêutica, definida como a teoria da interpretação. Nesse sentido, a AFI se insere na investigação de um fenômeno que se apresenta, e o(a) pesquisador(a) está implicado(a) na facilitação e compreensão dessa manifestação (Smith et al., 2009).

“A hermenêutica enquanto compreensão interpretativa das expressões linguísticas é o modelo para o processo geral de compreensão nas ciências humanas” (Schmidt, 2012, p. 21).

“está tentando dar sentido à tentativa do participante dar sentido ao que está acontecendo com ele. Ao se posicionar dessa maneira, o investigador(a) está, portanto, empregando as mesmas capacidades mentais e habilidades pessoais que o(a) participante, com quem ele compartilha uma propriedade fundamental, a de ser humano. Ao mesmo tempo, o(a) pesquisador(a) emprega suas habilidades de modo mais autoconsciente e sistemático. Desse modo, o processo de dar sentido – que é parte da tarefa do(a) pesquisador(a) – é de segunda ordem; na medida em que o(a) investigador(a) tem acesso apenas à experiência do(a) participante por meio de seu próprio relato” (Tombolato et al, 2020)

Por fim, no caráter idiográfico, a Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) visa entender cada fenômeno de maneira particular, almejando "conhecer em detalhe como é a experiência e o sentido que uma pessoa, em particular, atribui ao que está acontecendo com ela." A pesquisa realizada, sendo assim, busca analisar as elaborações dos estudantes por meio dos Modelos Atômicos, investigando, em cada grupo, as características dos fenômenos e relacionando os Modelos Mentais dos estudantes aos recursos utilizados para a expressão de sentido.

“A AFI está comprometida com o particular em dois níveis: o particular em detalhes com análise em profundidade, e o conhecer como determinado fenômeno foi compreendido da perspectiva particular de uma pessoa, em um contexto específico. Com isso, os estudos com a AFI normalmente têm um número condensado de participantes.” (Tombolato et al, 2020)

Em função dos aspectos fenomenológicos, hermenêuticos e idiográficos, a Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) é considerada uma escolha adequada para a análise e interpretação dos Modelos Mentais criados pelos estudantes nas

aulas de Cultura Maker. Esse recurso se torna fundamental para a pesquisa-ação do professor, permitindo-lhe diagnosticar e, assim, aprimorar sua prática pedagógica e o aprendizado dos estudantes.

Dessa forma, a análise dos trabalhos dos estudantes foi realizada com base na idiografia, examinando cada caso particular dos grupos de Modelos Atômicos. Foram identificados e interpretados os detalhes que os estudantes utilizaram para representar as partículas atômicas que compõem o átomo elaborado. A entrevista também foi empregada para garantir a veracidade das informações recebidas e interpretadas.

Na próxima seção, observa-se a organização metodológica – que visa adquirir recursos nas aulas de Cultura Maker e de Química no estudo de caso que será analisado por meio da Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI).

5 METODOLOGIA

5.1 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

Com base nos critérios de Gil (2002), esta pesquisa configura-se como um estudo de caso exploratório, estratégia metodológica que visa investigar um fenômeno dentro de seu contexto real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas, como no caso das práticas de ensino-aprendizagem em química envolvendo a metodologia Cultura Maker.

Nas ciências, [...] a crescente utilização do estudo de caso no âmbito dessas ciências, com diferentes propósitos, tais como:

- a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- c) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- d) formular hipóteses ou desenvolver teorias; e
- e) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. (Gil, 2002, pg 54)

Este método oferece a oportunidade de realizar uma análise profunda e detalhada de uma situação específica – a construção de modelos mentais por estudantes do ensino médio na aula de Cultura Maker sobre os modelos atômicos, com foco na mediação do professor.

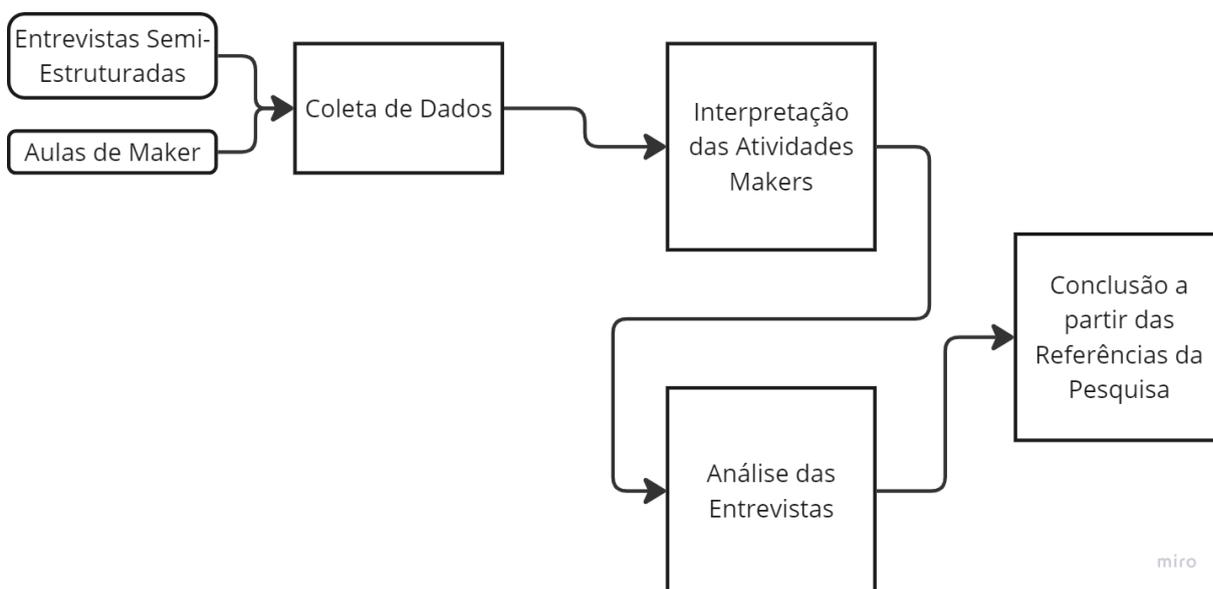
A escolha do estudo de caso justifica-se pela necessidade de explorar como a Cultura Maker pode ser aplicada no ensino de conceitos abstratos de química, como os modelos atômicos. Nesta pesquisa, o foco está em descrever, analisar e compreender como os estudantes internalizam e representam os modelos atômicos, explorando suas construções físicas e conceituais sem uma intervenção direta e ativa que busque modificar o processo de ensino em uma escola privada do Rio de Janeiro. (Gil, 2002)

Neste contexto, o pesquisador atua como um observador-participante, registrando e analisando as práticas e interações dos alunos com a metodologia Cultura Maker. A pesquisa, portanto, busca compreender como as ferramentas e estratégias usadas pelos estudantes para construir os modelos atômicos refletem seu entendimento sobre os conceitos científicos, podendo observar aspectos que se refletem no comportamento e no aprendizado dos estudantes. Ou seja, a meta do

estudo de caso é documentar e interpretar as representações mentais dos alunos ao longo do processo, proporcionando um retrato detalhado de suas interações com os conceitos químicos.

Esta abordagem permite entender como os alunos utilizam materiais cotidianos e tecnológicos para representar conceitos científicos, permitindo que o professor compreenda melhor a lógica por trás das representações mentais formadas durante o processo de aprendizagem.

Figura 5 - Diagrama da Metodologia utilizada



Fonte: Autoria Própria

Quadro - 4 - Etapas da Metodologia utilizada

1 - Coleta de Dados
As atividades maker dos alunos foram observadas e documentadas, e entrevistas semiestruturadas foram conduzidas para capturar as percepções individuais dos estudantes. Essa coleta de dados foi orientada pela perspectiva fenomenológica, buscando captar as percepções dos alunos sobre o processo de construção dos modelos atômicos.
2 - Interpretação das Atividades Makers
As representações físicas (modelos atômicos) criadas pelos estudantes foram analisadas à luz da AFI, buscando-se identificar os significados subjacentes a cada elemento utilizado. A hermenêutica foi fundamental para interpretar os materiais e estratégias utilizadas pelos alunos, conectando esses aspectos com suas

compreensões conceituais dos modelos atômicos.
3 - Análise das Entrevistas
As entrevistas foram analisadas de acordo com a abordagem idiográfica da AFI, buscando interpretar os relatos dos estudantes sobre sua experiência com a Cultura Maker e o aprendizado dos conceitos químicos. A análise teve como foco o modo como os estudantes atribuíram significado às suas ações e como eles descreveram a evolução de seus modelos mentais ao longo das atividades.
4 - Conclusão
Com base na análise interpretativa das experiências individuais, a pesquisa buscou fornecer <i>insights</i> teóricos sobre como a metodologia Cultura Maker influencia a construção de modelos mentais e como os estudantes internalizam conceitos complexos como os modelos atômicos. Esses <i>insights</i> poderão ser utilizados para aprimorar futuras práticas pedagógicas no ensino de química.

Fonte: Autoria Própria

5.2 PÚBLICO- ALVO

Os estudantes participantes da pesquisa são de uma rede de escolas privadas localizadas na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, à qual integram 7 unidades, nos bairros de: Bangu, Campo Grande, Madureira, Nova Iguaçu, São João de Meriti, Taquara e Rocha Miranda. Nota-se que, por haver bairros com localização em diferentes cidades, o público/renda dos estudantes é muito diverso.

Os estudantes selecionados foram da unidade Taquara, na qual o pesquisador é o professor de Cultura Maker. Consta-se um total de 14 estudantes que participaram da pesquisa, elaborando produto material na Cultura Maker, no entanto, na entrevista, apenas 8 participaram. Os alunos encontram-se na faixa etária de 14 a 16 anos e pertencem ao 1º ano Vestibular, no qual, além de apresentar as matérias do currículo pautado na BNCC, focaliza-se também em uma preparação para os vestibulares que prestarão no 3º ano Vestibular.

A filosofia do colégio propõe a valorização do protagonismo do aluno na condução da sua história, no que se refere à construção do conhecimento e à possibilidade de escolhas plurais e conscientes de vida. A escola dispõe de um sistema de preparação para concursos públicos, sejam vestibulares, sejam militares.

As aulas de Cultura Maker são desenvolvidas nas turmas do 6º ano do Ensino Fundamental ao 2º ano do Ensino Médio, porém, apenas do 9º ao 2º ano, há aulas de Química. Portanto, os estudantes que podem fazer a conexão entre Química e Cultura Maker são apenas do 9º ano ao 2º ano do Ensino Médio.

Figura 6 – Exemplo de um espaço Maker



Fonte: <https://escolsexponenciais.com.br/exnews/escola-do-futuro-inaugurado-espaco-maker-para-professores-da-rede-basica-de-ensino/>

A aplicação da metodologia se efetivou por meio de sequências didáticas, com base nos quadros 1 e 2, seguidas por entrevista, em que o estudante teve a oportunidade de explicar o que internalizou sobre os conceitos envolvidos no modelo atômico recebido como tarefa de construção, além de discorrer sobre como a atividade contribuiu para sua aprendizagem. Assim, foi possível ao professor de Química obter mais subsídio empírico para auxiliar o estudante a construir pensamentos e conceitos.

5.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conforme disserta a professora Ana Cláudia Gonçalves Pessoa (2014), da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE):

“Sequência didática corresponde a um conjunto de atividades articuladas que são planejadas com a intenção de atingir determinado objetivo didático ... em uma perspectiva sociointeracionista tais objetivos e necessidades são baseados nos seguintes princípios didáticos: valorização dos conhecimentos prévios dos alunos; ensino centrado na problematização; ensino reflexivo, com ênfase na explicitação verbal; ensino centrado na interação e na sistematização dos saberes; utilização de atividades diversificadas, desafiadoras e com possibilidade de progressão (das atividades mais simples às mais complexas) – lembrando que uma única atividade pode mobilizar diferentes conhecimentos e estimular diferentes habilidades. Nessa perspectiva, a criança é sujeita ativa na construção do seu conhecimento.” (PESSOA, 2014)

Desta forma, utilizou-se desta técnica para realizar uma conexão da disciplina Cultura Maker (Quadro 5) e da Química (Quadro 6), informando as aulas de cada uma disciplina e seu conteúdo.

Quadro - 5 - Descrição das aulas de Cultura Maker

Cultura Maker, aulas com duração de 100 minutos.	
Aula 1	Primeiro Momento: Apresentação de Conceitos sobre circuitos elétricos (em série e paralelo). Segundo Momento: Elaboração da prática de circuito no Papel, feito com papel alumínio com acendimento de um LED.
Aula 2	Primeiro Momento: Planejamento sobre quais materiais serão utilizados e o que irá ser feito com a massinha pós-produção. Segundo Momento: Elaboração da Massinha Condutora de Corrente Elétrica para o Acendimento de mais de um LED's em um circuito elétrico.
Aula 3	Acendimento de LED's em uma linha do tempo de evolução dos modelos atômicos.
Aula 4	Primeiro Momento: Sorteio dos Modelos Atômicos e planejamento de como e com quais materiais será construído o modelo atômico sorteado. Segundo Momento: Estudantes executando a representação, com massinha e/ou papel alumínio dos seus modelos mentais sobre seus

	modelos atômicos.
--	-------------------

Quadro - 6 - Descrição das Aulas de Química

Química, aulas com duração de 100 minutos.	
Aula 1	Revisão sobre o estudo da matéria, das substâncias, fenômenos e misturas. Apresentação do conceito filosófico de átomo por Leucipo, Demócrito, Epicuro e Platão.
Aula 2	A evolução dos modelos atômicos, evidenciando os experimentos que fizeram referência para a construção dos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfield e Schroedinger.
Aula 3	Visitar as “imagens mentais” sobre os modelos atômicos que os estudantes criaram na “Cultura Maker”, enquanto o professor os entrevista e media a robustez dos modelos mentais com exercícios e dinâmicas que promovem a revisitação da teoria e a associação com o cotidiano.

5.4 ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Após as aulas e experiências, os estudantes foram convidados a realizarem uma explanação dos seus trabalhos individualmente, por meio de uma entrevista semiestruturada, organizada com base em quatro categorias que fazem referência ao tema trabalhado e às referências bibliográficas:

As perguntas executadas durante a entrevista estão expostas e enumeradas no quadro 7:

Quadro - 7 - Perguntas e Hipóteses da Entrevista Semiestruturada

Perguntas e Hipóteses da entrevista semiestruturada	
1	Você aprendeu sobre os Modelos Atômicos no 9ºano? Objetivo: Avaliar se os estudantes tiveram contato com os conceitos de modelos atômicos no 9º ano, o que pode revelar um aprendizado superficial ou fragmentado. A metodologia Cultura Maker poderá ser percebida como uma oportunidade de solidificar ou expandir esse conhecimento de forma mais prática e interativa.
2	O que seria um átomo? Objetivo: As respostas provavelmente irão variar de descrições muito

	<p>simplistas e vagas ("um átomo é uma coisa muito pequena") até definições mais completas e técnicas ("um átomo é composto de prótons, nêutrons e elétrons, e forma a base de toda matéria").</p>
3	<p>Por que estudamos a evolução dos modelos atômicos?</p> <p>Objetivo: Entender se os alunos compreendem a evolução dos modelos atômicos e como este desenvolvimento científico ajuda a compreender como o conhecimento científico se desenvolve ao longo do tempo.</p>
4	<p>Descreva o seu modelo atômico.</p> <p>Objetivo: Buscar fragmentos nas respostas dos estudantes que evidenciam de que forma representaram os modelos atômicos</p>
5	<p>Quais os materiais você utilizou para representá-lo?</p> <p>Objetivo: Entender as escolhas dos materiais do cotidiano e makers que os estudantes utilizaram para representar seus modelos atômicos.</p>
6	<p>O que cada componente representa no seu modelo atômico?</p> <p>Objetivo: Analisar qual o significado de cada recurso utilizado pelo estudante, bem como se desempenha uma relação direta com sua internalização do conteúdo.</p>
7	<p>Identificou alguma dificuldade para representar o modelo atômico na aula de <i>Maker</i>?</p> <p>Objetivo: Avaliar a atividade em que pode ser possível entender as dificuldades em relacionar conceitos abstratos com representações físicas.</p>
8	<p>Considera que, por meio da representação física, consegue expressar o seu entendimento sobre o que aprendeu sobre modelos atômicos?</p> <p>Objetivo: Observar se, por ser uma atividade visual, o estudante relata que, com a sua arguição, pode ser possível a explicação e compreensão do modelo atômico a partir do elaborado por ele na Cultura Maker.</p>
9	<p>Avalie a experiência de realizar esta atividade <i>maker</i> sobre modelos atômicos?</p> <p>Objetivo: Entender se uma atividade diferente dos que estão acostumados na aula de Química, por meio do potencial de aceitabilidade por parte deles.</p>
10	<p>Sobre a sua aprendizagem em Química no Ensino Médio, como você avalia seu nível de dificuldade?</p> <p>Objetivo: Investigar se os estudantes do 1º ano do Ensino Médio apresentam dificuldade em Química, mesmo tendo contato no 9º ano.</p>
11	<p>Caso apresente algum nível de dificuldade, aponte os motivos. Hipótese: Explicação da Questão anterior</p>

12	<p>Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?</p> <p>Objetivo: Compreender se os estudantes adotariam em aulas de Química, o uso da Cultura Maker, de experimentação e de outros recursos que facilitariam seu aprendizado.</p>
----	---

Desta forma, separando as questões em categorias, as perguntas 1 e 2 referiam-se à categoria 1 (Conhecimentos prévios acerca do tema estrutura atômica); as perguntas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 à categoria 2 (Evolução dos Modelos Atômicos e Representação Atômica); a pergunta 9 sobre a categoria 3 (Avaliação da atividade) e, por fim, as perguntas 10, 11 e 12, à última categoria (Contexto do ensino e aprendizagem da Química na escola).

As aulas de Cultura Maker, Química e a entrevista foram elaboradas para serem aplicadas de forma intercalada para que o estudo de caso disponha de diferentes formas de análise. Por meio desta, busca-se potencializar o trabalho do professor de Química tendo mais recursos para auxiliar o estudante a construir pensamentos e conceitos que conduzirão a sua representação interna mais elaborada e, também, apreender recursos Makers e dialogados para avaliar essa representação.

5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.5.1 Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI) no Estudo de Caso

Para aprofundar a análise, o estudo de caso será complementado pela Análise Fenomenológica Interpretativa (AFI), em que se propõe investigar como os indivíduos atribuem significado às suas experiências e ações, o que se alinha perfeitamente com o objetivo deste estudo de caso: compreender como os alunos constroem representações mentais dos modelos atômicos e de que maneira essa construção reflete seu processo de internalização e aprendizagem dos conceitos científicos.

A AFI é baseada em três pilares fundamentais que foram aplicados ao longo deste estudo:

Fenomenologia: Procura entender como os indivíduos percebem e vivenciam um determinado fenômeno a partir de sua perspectiva pessoal. No contexto deste estudo de caso, a fenomenologia permite investigar como os estudantes vivenciam a construção dos modelos atômicos, utilizando a metodologia Cultura Maker como uma ferramenta para materializar suas representações mentais. Através da observação

das atividades maker e da realização de entrevistas semiestruturadas, a pesquisa captará a essência das experiências dos alunos, compreendendo como eles percebem, elaboram e articulam os conceitos de química.

Hermenêutica: Como ciência da interpretação, será empregada para interpretar os significados subjacentes às ações e discursos dos estudantes. Através da análise dos produtos finais (os modelos físicos) e dos relatos orais e escritos dos alunos, o pesquisador poderá interpretar como eles estão construindo seus modelos mentais sobre os modelos atômicos e como essa construção está vinculada à sua compreensão dos conceitos científicos. A AFI exige que o pesquisador vá além da simples descrição dos fenômenos e busque interpretar o significado atribuído pelos participantes às suas experiências, tornando o processo investigativo uma atividade interpretativa e dinâmica.

Idiografia: A AFI também se caracteriza por sua atenção aos casos particulares, destacando a importância de compreender a experiência individual de cada estudante em seu contexto específico. Neste estudo de caso, a análise será conduzida em nível individual, investigando detalhadamente como cada aluno desenvolve suas representações mentais e interage com os conceitos químicos de maneira única. A metodologia respeitará a singularidade de cada estudante, levando em consideração suas experiências de vida, cultura, histórico escolar e subjetividade, que influenciam diretamente suas percepções e interpretações dos modelos atômicos.

Assim, ao integrar a AFI ao estudo de caso, a pesquisa se propõe a investigar não apenas o que os estudantes constroem (os modelos atômicos), mas também como e por que essas construções ocorrem, permitindo uma compreensão mais profunda dos processos cognitivos e afetivos envolvidos. A AFI oferece uma lente interpretativa que complementa a natureza exploratória do estudo de caso, permitindo uma análise rica em detalhes, baseada nas experiências vividas e nos significados atribuídos pelos participantes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, serão apresentados os resultados das aulas da Sequência Didática de Cultura Maker e Química, por meio de registros do produto físico e da arguição na entrevista semiestruturada que foram analisados por meio da AFI.

As figuras 7 e 8 representam os resultados obtidos nas aulas 1, 2 e 3 de Cultura Maker, nas quais os estudantes aprenderam sobre conceitos de circuitos elétricos por meio de experimentos simples, como o acendimento de um LED, usando circuitos de papel alumínio e massinha condutora.

A busca por ludicidade e outras formas de aprendizado foi a resposta unânime entre todos os estudantes na pergunta 12: "Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?"

Dessa forma, a aproximação entre Química, Física e a abordagem Maker, utilizando materiais alternativos, conduziu as atividades de forma inovadora e obteve uma boa receptividade por parte dos estudantes.

Figura 7 - Aula 1 – Acendimento de Led no circuito de papel Alumínio

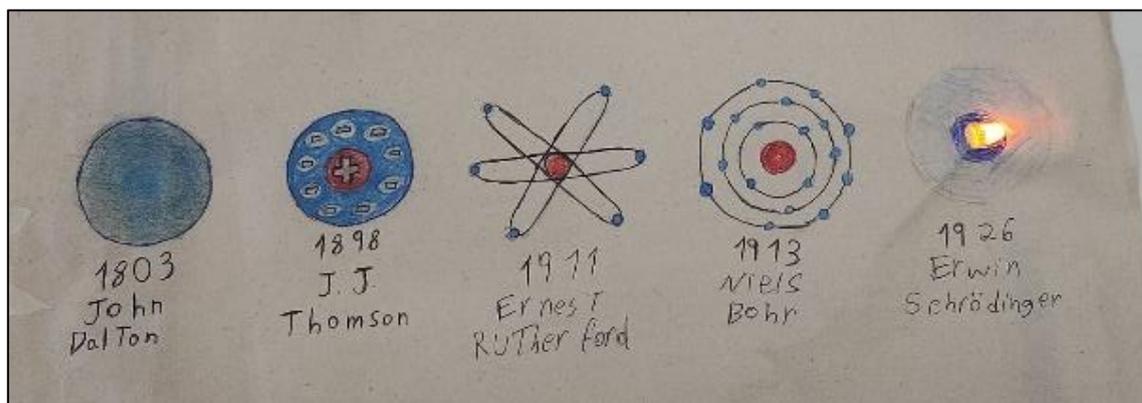
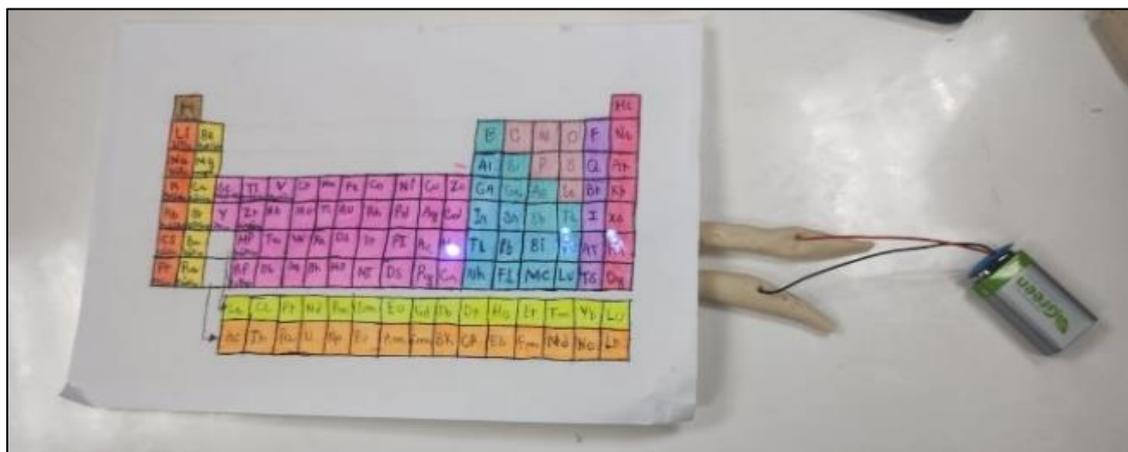


Figura 8 - Aula 2 e 3 – Acendimento de Led no circuito de massinha



As Atividades Makers acerca dos modelos atômicos produzidos pelos estudantes estão apresentadas nas figuras 9, 10, 11, 12 e 13, organizadas de acordo com o cientista e seu respectivo modelo de átomo.

Figura 9 - Modelo Atômico de Thomson

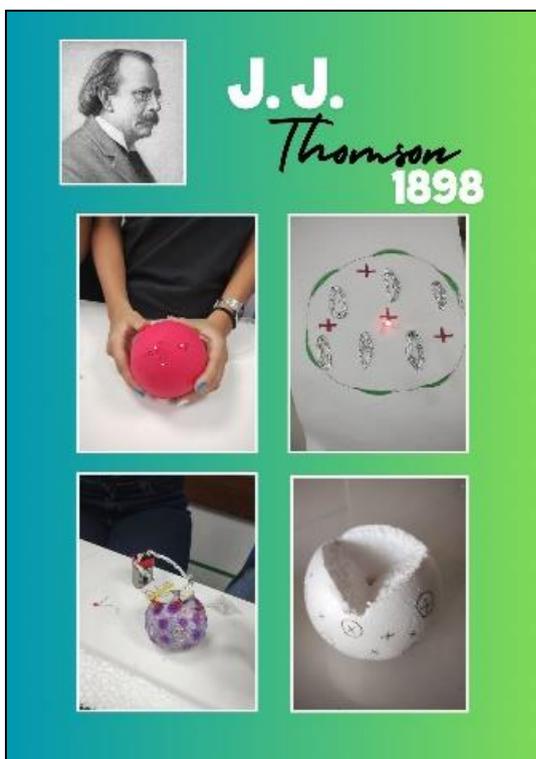


Figura 11 - Modelo Atômico de Bohr

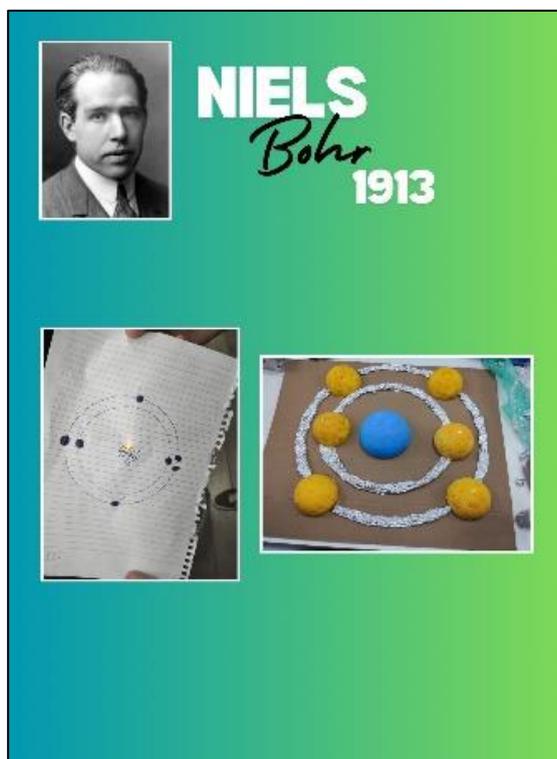


Figura 10 - Modelo Atômico de Rutherford

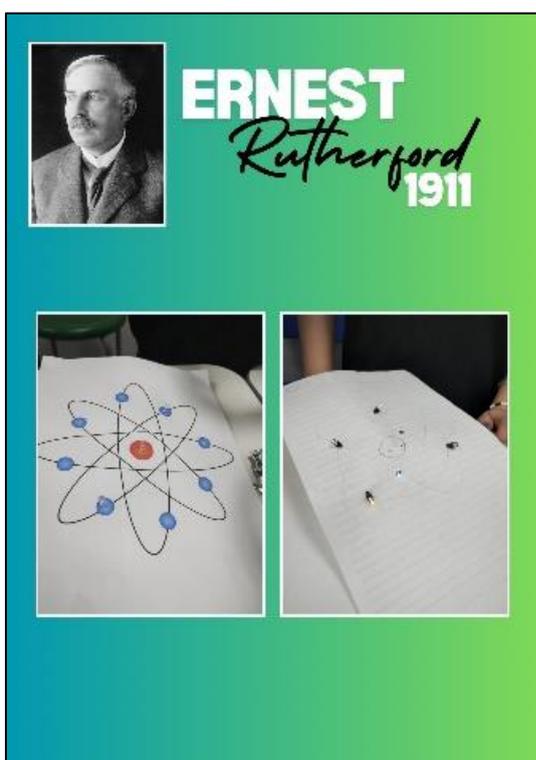


Figura 12 - Modelo Atômico de Sommerfeld

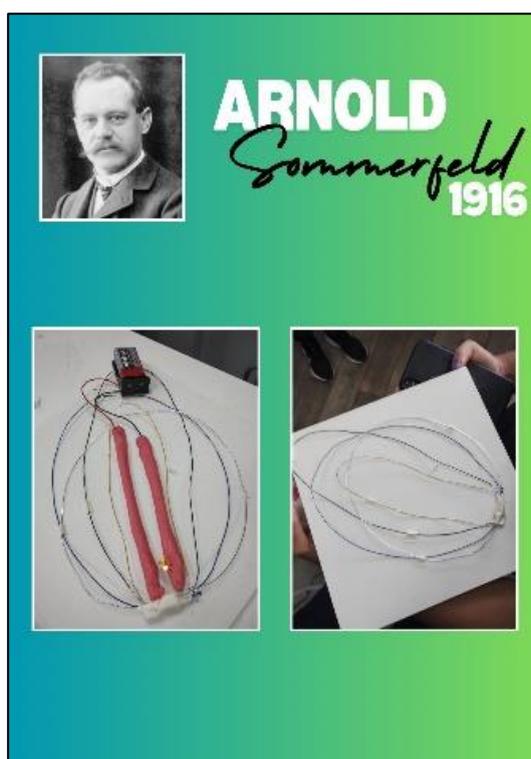
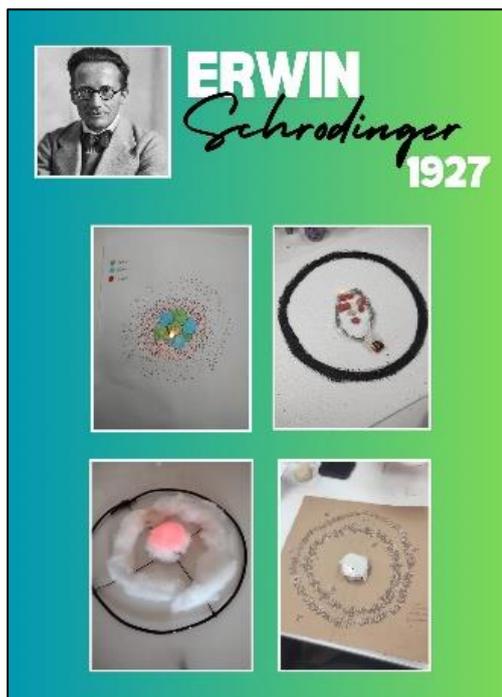


Figura 13 - Modelo Atômico de Schrodinger



Nota-se, primeiramente, que todas as propostas apresentadas pelos estudantes são completamente diferentes, mas todas evidenciam as características principais dos Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld e Schrödinger, indicando o potencial criativo da Cultura Maker.

Além disso, os recursos utilizados pelos estudantes permitiram-lhes fazer inferências sobre como representar um modelo atômico de maneira fidedigna. Isso está alinhado à percepção de Johnson-Laird (1983) sobre os modelos mentais, os quais são utilizados na construção do raciocínio – neste caso, sobre a representação dos modelos atômicos.

6.1 ANÁLISE FENOMENOLÓGICA INTERPRETATIVA (AFI)

Com base na metodologia anteriormente descrita, a análise dos trabalhos dos estudantes será realizada a partir da abordagem idiográfica. Cada caso particular dos grupos de Modelos Atômicos foi examinado, identificando e interpretando os detalhes utilizados pelos estudantes para representar as partículas atômicas que compõem o átomo elaborado. Além disso, entrevistas foram conduzidas para assegurar a veracidade das informações recebidas e interpretadas.

6.1.1 Modelo Atômico de Thomson

Em 1897, J. J. Thomson (1856-1940), por meio de seus experimentos,

“comprovou a natureza corpuscular dos raios catódicos”, outorgando serem partículas subatômicas presentes em todos os átomos: os elétrons. Estes são uma das principais evoluções do Modelo de Dalton, no qual o átomo era uma esfera positiva maciça, indivisível e indestrutível, porém, agora divisível e com elétrons encrustados. (Kotz, 2015)

O modelo de Thomson foi representado por 4 estudantes, porém apenas 3 optaram por fornecer entrevista, organizados pelas letras A, B e C, enquanto o estudante D apenas compartilhou sua figura.

Quadro - 8 - Entrevista Estudante A (Thomson)

1	Você aprendeu sobre os Modelos Atômicos no 9ºano?
	Aprendi. Desde o 9º e foi a melhor matéria que eu aprendi.
2	O que seria um átomo?
	Um átomo eu acho que é o começo de tudo. É o básico. É o básico de tudo. É o princípio do universo.
3	Por que estudamos a evolução dos modelos atômicos?
	Porque a gente tem que aprender na escola o começo das coisas. A história, né?
4	Descreva o seu modelo atômico.
	Foi de Thomson, eu lembro que ele parece o pudim de passas e que a massa dele é positiva.
5	Quais os materiais você utilizou para representá-lo?
	Eu usei papel e cola e um pouco de água, que eu fiz com papel machê em casa, porque eu prefiro fazer um trabalho ecológico.
6	O que cada componente representa no seu modelo atômico?
	A bola de papel machê representa a esfera positiva, e as pintinhas, os elétrons.
7	Você identificou alguma dificuldade pra fazer essa atividade?
	Levou tempo. Porque papel machê demora muito pra secar. Pra poder fazer e pra trazer aqui pra escola pra gente fazer.
8	Você considera que, por representação física, que você conseguiu expressar o que esse modelo atômico significa por meio dessa representação?
	Eu acredito que sim. Eu também sou uma pessoa que consigo aprender mais pela imagem.
9	Sobre a sua aprendizagem em Química no Ensino Médio, como você avalia seu nível de dificuldade?
	Tá complicado, porque é uma matéria relativamente nova.
10	Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?
	Eu acho que deveria aumentar mais a parte física do trabalho... Um laboratório seria legal.

Figura 14 - Modelo Atômico Estudante A (Thomson)



O estudante A está no seu segundo contato com os modelos atômicos, tendo início no 9º ano e possui uma visão sobre o átomo semelhante às perspectivas dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, conforme afirma Porto (2013):

“Para Leucipo e Demócrito, o mundo material é composto de infinitos entes minúsculos, incriáveis e indestrutíveis, denominados átomos, que se movem incessantemente por um vazio e não possuem outras propriedades além de tamanho e forma geométrica. Nessa concepção, os objetos que se colocam diante de nossos sentidos são, na realidade, formados pela combinação de muitos desses átomos. (Porto, 2013, p. 2)”

Para além desta perspectiva, considera ser importante o estudo da história dos conteúdos na escola e referente ao seu modelo atômico sorteado. Foi assertivo no obstáculo epistemológico “pudim de passas”, exposto em livros didáticos e outros recursos aos quais o estudante teve acesso ao longo de sua formação.

Melzer et al (2009, p. 7) demonstra que:

“a analogia do pudim de passas cria uma dificuldade no entendimento das concepções trabalhadas no modelo de Thomson, criando uma falsa visão deste modelo que irá gerar inúmeros entraves ao desenvolvimento científico do educando”. (Melzer, et al, 2009, p.7)

Apesar da descrição tendenciosa sobre o pudim de passas, o estudante A, ao elaborar seu modelo, utilizou sua criatividade por meio do papel machê, com intuito de evidenciar o formato esférico do modelo de Thomson, de forma ecológica. Com isso, evidenciou a massa positiva e, com tinta de cor roxa, evidenciou os elétrons na

superfície da esfera.

Refletir sobre os recursos que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto faz com que o estudante tenha que buscar mais sobre o modelo. O fato do uso do papel machê imprime uma característica do estudante no projeto, visto que ele já integra em sua cultura o uso deste material, o qual serviu de suporte para criar um aparato físico baseado em sua aprendizagem sobre modelos atômicos.

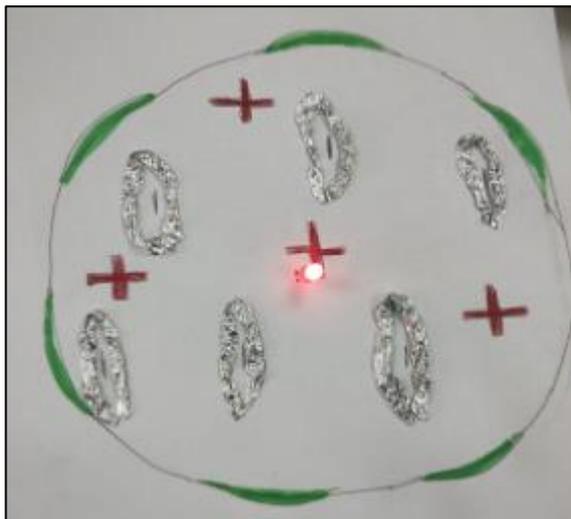
Observa-se que, mesmo tendo como exemplo o “pudim de passas”, o estudante elaborou uma forma física com elementos que marcam o modelo atômico de Thomson, como os elétrons encrustados na massa de carga positiva, atribuindo ao modelo físico e a entrevista um potencial modelo mental coerente com a literatura.

Como a atividade mexeu com diferentes formas de pensar um conteúdo de Química, ao ser indagado sobre o que a escola poderia fazer mais para auxiliar no entendimento desta Ciência, o estudante evidenciou a necessidade de laboratórios e de aulas que produzam ferramentas didáticas físicas que auxiliam na compreensão da matéria.

Quadro - 9 - Entrevista Estudante B (Thomson)

1	Você aprendeu sobre os Modelos Atômicos no 9ºano?
	Sim, desde o 9º, explicando devagar, porque eu só aprendo devagar, aí eu consegui entender.
2	O que seria um átomo?
	Um átomo... Um átomo, tipo assim, uma mesa, uma cadeira, tudo que está à nossa volta tem átomo.
3	Por que estudamos a evolução dos modelos atômicos?
	Para aumentar o nosso conhecimento.
4	Descreva o seu modelo atômico.
	Eu utilizei uma folha de papel, desenhei a esfera de Thomson, usei alumínio para os elétrons negativos e desenhei com lápis de cor vermelho as partículas positivas. Usei um LED no meio.
7	Você identificou alguma dificuldade pra fazer essa atividade?
	Foi tranquilo. Eu achei incrível. Eu achei fácil pelo modelo que eu peguei também. Mas os outros também foram muito interessantes.
10	Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?
	Mais laboratórios, mais atividades como essa de Cultura Maker

Figura 15 - Modelo Atômico Estudante B (Thomson)



O estudante B teve como principal ferramenta o desenho e conseguiu, também, expor os elétrons, utilizando papel alumínio envolvendo cargas negativas. Este é um modelo didático simples que auxilia a compreensão das particularidades que possui o modelo de Thomson.

O professor, ao ter acesso ao modelo, poderá fazer questionamentos acerca da quantidade de partículas positivas e negativas não serem iguais, a fim de tornar o átomo neutro, questionar como uma estrutura em 2d permitirá ao leitor saber se o átomo é divisível ou não, ou seja, aumenta por meio do exposto a possibilidade de o docente criticar positivamente o trabalho do estudante com intuito de enriquecer o seu modelo mental.

Igualmente ao estudante A, o B evidenciou a falta de aulas práticas em laboratórios de Química e no de Cultura Maker, reforçando que o aprendizado se torna mais engajado e dinâmico, quando o estudante está contruindo um objeto capaz de auxiliar na compreensão do conteúdo.

Quadro - 10 - Entrevista Estudante C (Thomson)

1	Você aprendeu sobre os Modelos Atômicos no 9ºano?
	Sim, aprendi.
2	O que seria um átomo?
	Uma partícula, né?
3	Por que estudamos a evolução dos modelos atômicos?
	Para saber como funciona as coisas, as energias de alguns aparelhos.
4	Descreva o seu modelo atômico.

	Eu fiz o modelo de Thomson. É a energia positiva, negativa, o átomo em si e eu coloquei dentro, né? A pilha, né? Isso, o LED. Uma esfera positiva representado pelo P e os elétrons representados pelo E.
7	Você identificou alguma dificuldade pra fazer essa atividade?
	Foi fácil. De 0 a 10, foi 6.
10	Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?
	Eu fazendo fisicamente ajuda a compreender, as atividades práticas me ajudam mais a entender do que ler um livro.

Figura 16 - Modelo Atômico Estudante C (Thomson)



O estudante C evidenciou, por meio de uma esfera de isopor, o modelo atômico de Thomson, apresentando dois LEDs, que simbolizam os elétrons e os prótons dentro dessa esfera. Nesse modelo, a parte eletrônica foi feita toda dentro da esfera, evidenciando o cuidado e criatividade do estudante em representar os LEDs dessa forma. Mesmo simples, é possível observar as características do modelo de Thomson.

Em sua entrevista, o impacto maior foi na afirmação “Eu fazendo fisicamente ajuda a compreender, as atividades práticas me ajudam mais a entender do que ler um livro”, o que reforça a afirmação de Papert sobre o construcionismo, em que o estudante aprende construindo e definindo significados para o objeto que está desenvolvendo.

Figura 17 - Modelo Atômico Estudante D (Thomson)



Apenas com a imagem do objeto criado pelo estudante D, observa-se a característica esférica com cargas positivas em sua composição e o átomo sendo divisível. A explicação do estudante mediante ao seu objeto auxiliaria a compreensão do seu modelo, porém, é possível ter potencialmente uma noção do que o estudante gostaria de representar.

6.1.2 Modelo Atômico de Rutherford

Em relação a Rutherford, Basso e Peduzzi (2003) afirmam:

Dentre os primeiros modelos atômicos, o de Rutherford apresenta o átomo como um sistema solar em miniatura, com um núcleo positivamente carregado no centro e elétrons girando em órbitas circulares ao seu redor. Entretanto, o modelo rutherfordiano apresentou dificuldades quanto à explicação da estabilidade dos elétrons orbitais, tendo em vista a eletrodinâmica de Maxwell. (Basso e Peduzzi, 2003, p. 3)

Os autores exprimem resumidamente como seria o átomo de Rutherford, descoberto após diversos experimentos, o qual apresenta um núcleo positivo, girando em órbitas e, ao redor do núcleo, encontram-se os elétrons, na eletrosfera. Dessa forma, essa visão mais simples do modelo era a expectativa do pesquisador de encontrar nos estudantes, nos seus produtos feitos no Maker e na entrevista semi-estruturada.

Entretanto, os dois estudantes E e F que foram sorteados para representar o seu modelo mental a respeito do modelo atômico de Rutherford, optaram por apenas compartilhar seus modelos Makers e não complementar com a entrevista.

Figura 18 - Modelo Atômico Estudante E (Rutherford)

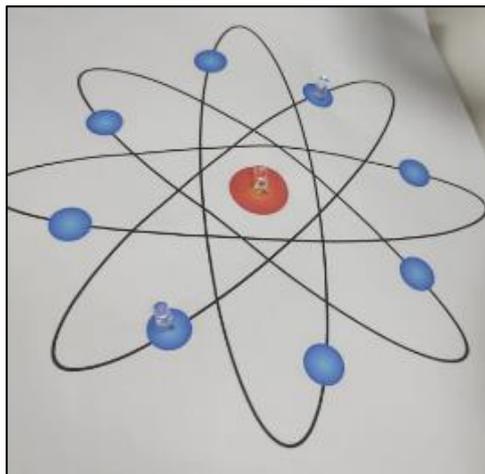
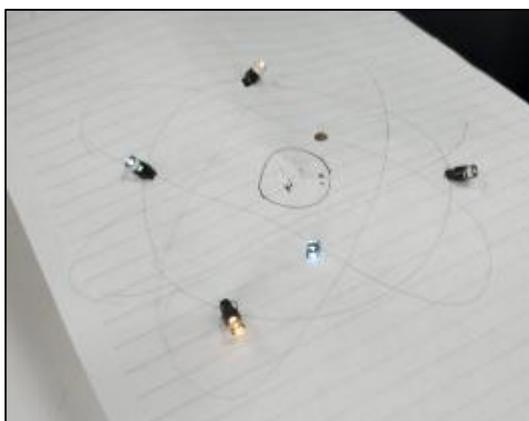


Figura 19 - Modelo Atômico Estudante F (Rutherford)



É possível observar que o estudante E optou pela impressão de uma cópia da internet do modelo atômico, porém evidenciou a produção da massinha condutora de elétrons para conseguir acender mais LEDs que o ajudavam a identificar as partículas que o átomo contém: elétron e próton.

Por outro lado, o Estudante F desenvolveu o modelo atômico por meio de um desenho e do auxílio de 5 leds para evidenciar os elétrons na eletrosfera. A construção da massinha condutora de corrente elétrica demanda tempo, em função de ajustar toda característica elétrica dela com o sal e os outros ingredientes. Dessa forma, acredita-se, por meio dos produtos, que os estudantes focaram mais na parte elétrica do que propriamente na exposição do seu projeto.

6.1.3 Modelo Atômico de Bohr

Na ordem cronológica, no Ensino Médio, é ensinado tradicionalmente o átomo de Bohr após o modelo atômico de Rutherford, sendo assim expostas as diferenças

principalmente no que tange à eletrosfera. Em 1913, em seu artigo, Niels Bohr (1885-1962) desta as hipóteses que utilizou para formular sua teoria:

1. Que a energia radiada não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua admitida pela eletrodinâmica clássica, mas apenas durante a passagem dos sistemas de um estado estacionário para outro diferente.
2. Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis da mecânica clássica, não se verificando estas leis nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários.
3. Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um sistema de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência ν e a quantidade total de energia emitida é dada por $E=h\nu$, sendo h a constante de Planck.
4. Que os diferentes estados estacionários de um sistema simples constituído por um elétron que gira em volta de um núcleo positivo são determinados pela condição de ser igual a um múltiplo inteiro de $h/2\pi$ a razão entre a energia total emitida durante a formação da configuração e a frequência de revolução do elétron. Admitindo que a órbita do elétron é circular, esta hipótese equivale a supor que o momento angular do elétron em torno do núcleo é $h/2\pi$.
5. Que o estado permanente de um sistema atômico – isto é, o estado no qual a energia emitida é máxima – é determinado pela condição de ser igual a $h/2\pi$ o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita. (Bohr, 1989, p. 195-196.)

Bohr contribuiu muito para a transição de uma forma de pensar o átomo apenas com base na mecânica clássica, trazendo em sua teoria aspectos da mecânica quântica. Para um estudante do Ensino Médio, todo o arcabouço de Bohr é reduzido no estudo da eletrosfera, traduzindo os orbitais atômicos como camadas de energia.

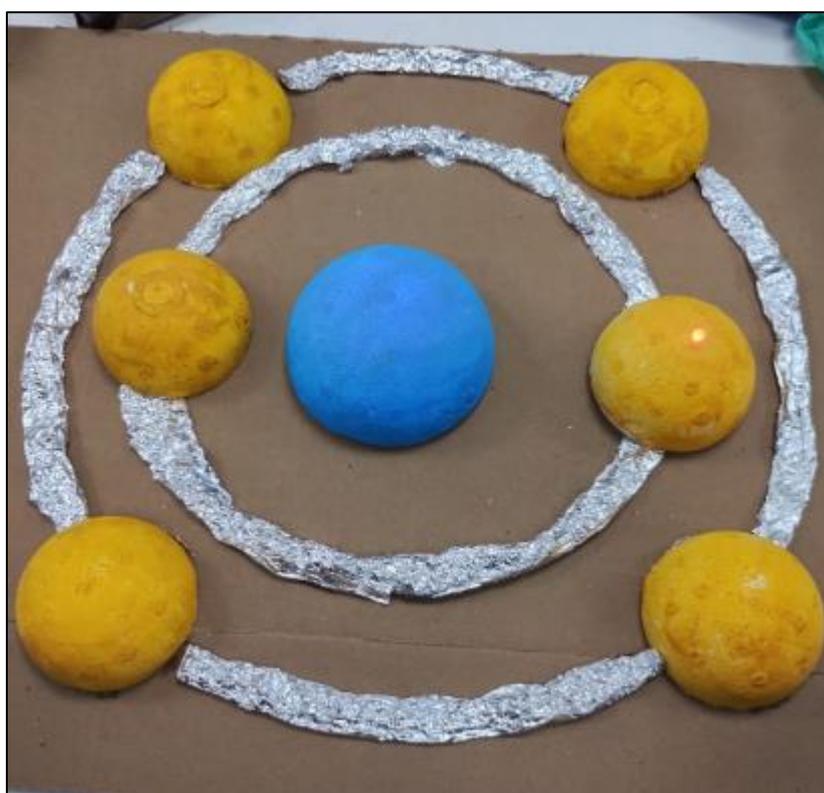
Em relação ao modelo e ao projeto descrito nesta dissertação, apenas 2 dois estudantes – G e H – foram sorteados, porém apenas um optou por fornecer uma entrevista.

Quadro - 11 - Entrevista Estudante G (Bohr)

1	Você aprendeu sobre os Modelos Atômicos no 9ºano?
	Sim, foi fácil.
2	O que seria um átomo?
	O átomo é... O átomo é o que forma tudo que a gente vê, né? Perfeito. Tudo que a gente conhece é feito pelo átomo, né? Tudo que a gente conhece é feito pelo átomo.
3	Por que estudamos a evolução dos modelos atômicos?
	É que a gente vê que na época que cada modelo aparece, ele serve pra responder uma pergunta da época.
4	Descreva o seu modelo atômico.
	O modelo atômico do Bohr, ele já tem o núcleo, como a gente conhece. Ele é dividido entre núcleo e eletrosfera, sendo que a eletrosfera não é igual à do... Rutherford, tinha camadas. Eu usei uma placa de isopor, tinta guache azul e amarela. A azul foi para representar os prótons, e a amarela, os elétrons. Aí eu usei a massinha condutora também, uma bateria e um papel alumínio para fazer as camadas.

7	Você identificou alguma dificuldade pra fazer essa atividade?
	A massinha. A massinha. Não consegui fazer direito, ela ficou meio... Meio mole, meio molenga. Não conduzindo muita coisa, né?
10	Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?
	Olha, foi divertido. É, brincar aqui no meio da sala. Diferente também, né? A gente está não acostumado. Acho que a gente podia ter mais aula aqui mesmo, na sala, no laboratório. A gente consegue fazer isso aqui que é mais em grupo. Também a gente pode usar mais coisas para fazer prática, igual você faz.

Figura 20 - Modelo Atômico Estudante G (Bohr)



O estudante G apresenta uma visão de átomo na perspectiva de Leucipo e Demócrito conforme exposto também pelo estudante A (modelo de Thomson). O estudante foi preciso em relatar que estudar a evolução dos modelos atômicos é importante para responder uma pergunta da época e mais ainda para observar as modificações observadas nos modelos atômicos com base as novas descobertas.

Para o estudante G, o modelo de Bohr mostra a eletrosfera diferente de Rutherford, o qual apresentava órbitas aleatórias ao redor do núcleo, enquanto, para Bohr, há camadas. Dessa forma, o estudante faz uma inferência comparando os modelos, demonstrando o conhecimento sobre estes.

Para representar seu modelo mental, utilizou placas de isopor, esferas de isopor e papel alumínio para evidenciar a exposição do modelo e, para a parte elétrica, utilizou a massinha condutora de corrente elétrica. É possível, por meio desse modelo e da explicação do estudante, reconhecer o núcleo, evidenciado em azul, e os elétrons na eletrosfera, evidenciados em amarelo, demonstrando características do modelo de Bohr.

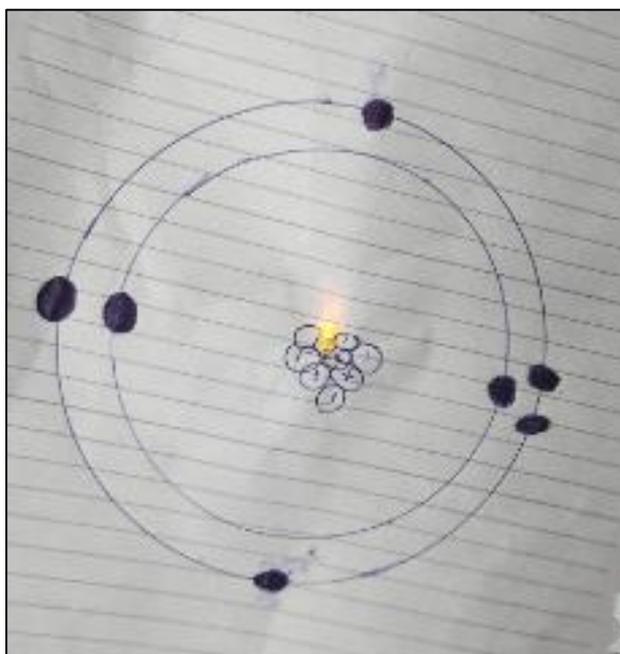
O estudante evidenciou dificuldade na montagem do mecanismo de iluminação do Led e, na adaptação ao modelo de Bohr, foi assertivo ao evidenciar um erro na produção da massinha, pois esta não estava conduzindo muita corrente por conta de alguns pontos de resistência.

O retorno da prática foi positivo:

Olha, foi divertido. É, brincar aqui no meio da sala. Diferente também, né? A gente está não acostumado. Acho que a gente podia ter mais aula aqui mesmo, na sala, no laboratório. A gente consegue fazer isso aqui que é mais em grupo. Também a gente pode usar mais coisas para fazer prática, igual você faz. (Estudante G)

Esta resposta corrobora a necessidade da presença de práticas de Ciências no Ensino de Química, evidenciando o engajamento dos estudantes e sua vontade de produzir objetos físicos que podem auxiliar no desenvolvimento da sua aprendizagem. Destaca, ainda, a importância da Cultura Maker em ingressar nos espaços das Ciências, principalmente da Natureza, para colocar a “mão na massa” construindo e desenvolvendo os estudantes de forma conjunta e divertida.

Figura 21 - Modelo Atômico Estudante H (Bohr)



O estudante H optou pelo desenho e pela parte eletrônica do papel alumínio por trás do papel. Também, é possível observar as características do modelo de Bohr, como as camadas de energia e o núcleo composto por prótons e neutrões.

6.1.4 Modelo Atômico de Sommerfeld

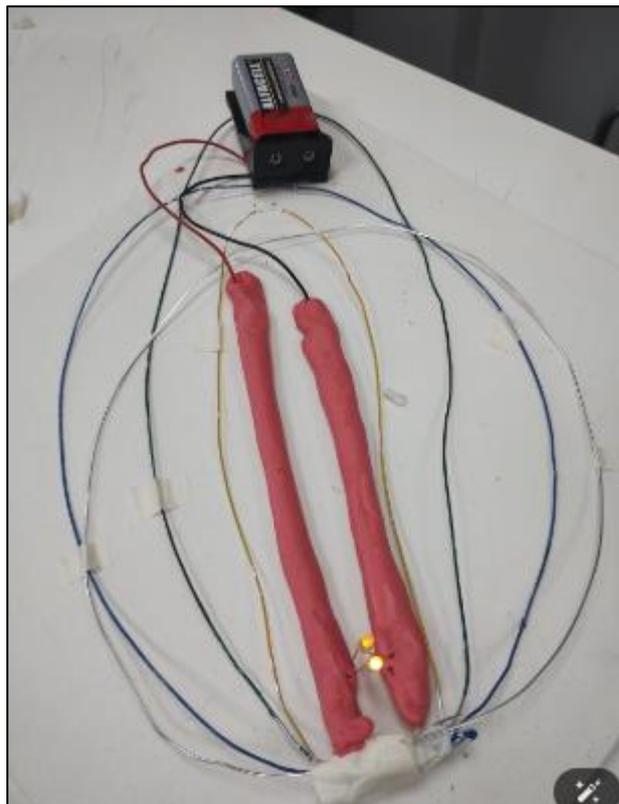
No texto de “cem anos do átomo de Sommerfeld”, o autor Braga (2016) afirma que Sommerfeld “conclui que as órbitas seriam elípticas, pois estava resolvendo um problema análogo ao de Kepler, movimento de planetas ao redor do sol.” Desta forma, cunhou-se um modelo representado pelas camadas de energia, as quais, anteriormente no átomo de Bohr, não apresentavam orbitas circulares e sim elípticas.

Referente a esse modelo, 2 estudantes – I e J – foram sorteados, porém compartilharam apenas seus modelos físicos, sem a complementação da entrevista. Em ambas as representações dos estudantes, nota-se a representação das órbitas elípticas com fios de cobre coloridos, o que os permitiu realizar a elipse das camadas, representando o movimento dos elétrons.

Figura 22 - Modelo Atômico Estudante I (Sommerfeld)



Figura 23 - Modelo Atômico Estudante J (Sommerfeld)



6.1.5 Modelo Atômico de Schrödinger

O Modelo Atômico de Schrödinger é descrito com base na equação de Schrödinger da mecânica quântica, que explica como os orbitais eletrônicos compõem os átomos e representam áreas do espaço onde há uma probabilidade significativa de encontrar elétrons (Atkins, 2010). Esse modelo incorpora a natureza probabilística do comportamento das partículas subatômicas, substituindo os modelos clássicos de órbitas definidas por trajetórias por uma descrição baseada em distribuições de probabilidade (Atkins, 2010).

Existem diversas referências na internet, em livros e artigos acadêmicos, que utilizam a metáfora da “nuvem eletrônica” para traduzir os orbitais. É possível observar essas inferências nos modelos analisados e interpretados abaixo, criados pelos estudantes denominados K, L, M e N.

Figura 24 - Modelo Atômico Estudante K (Schrödinger)



Johnson-Laird (1983), conforme descrito por Moreira (1996), aponta que nunca será possível reconhecer com exatidão toda representação interna de um estudante devido à sua dinamicidade. No entanto, quanto mais recursos forem disponibilizados para externalizar essas representações, maior será a possibilidade de o professor colaborar na construção desse conhecimento.

Dessa forma, a compreensão do estudante K, conforme ilustrado na Figura 11, nas perguntas 6 e 7 da entrevista (6 - O que cada componente representa no seu modelo atômico? 7 - Você identificou alguma dificuldade para representar o modelo atômico na aula de Maker?), é uma oportunidade para analisar como o aluno externaliza e reflete sobre seu entendimento do modelo atômico.

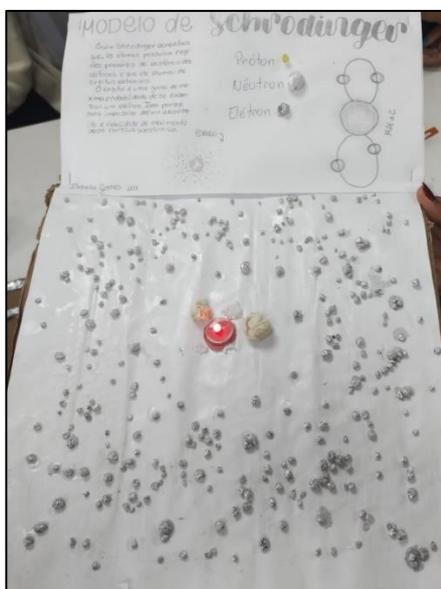
“Para a nuvem eletrônica, eu usei algodão e, para manter ele em uma base, eu botei um arame. Um arame mais fino. Uma cruz para segurar o núcleo. E dentro do núcleo, dentro da bolinha de algodão que eu fiz, eu botei aquelas pilhas pequenininhas. Os LEDs. Os LEDs vermelhos, amarrados com arame para não sair. De um lado para o outro. Enrolei e coloquei lá no meio.” “Um pouquinho. Porque eu não sabia como eu ia representar a nuvem de elétrons. Aí essa parte foi a mais complicada. Por quê? Quando eu descobri como eu ia fazer, o arame não estava ficando, o algodão toda hora desmanchava. Ai meu Deus do céu. Aí foi um pouquinho complicado, mas eu consegui.” (Transcrição da resposta do estudante)

Por meio das duas ferramentas utilizadas para expor fragmentos de sua representação mental — o produto Maker e a entrevista —, foi possível compreender

que o estudante tinha dificuldade em interpretar a questão estatística associada à "nuvem de elétrons" de Schrödinger.

No entanto, através de suas inferências, ela utilizou algodão para representar a probabilidade de encontrar um elétron nos orbitais. Essa metáfora, associada à ideia de uma nuvem com a qual o estudante está familiarizado, permitiu-lhe explicar a teoria de Schrödinger. Assim, mesmo com dificuldades na interpretação, a estudante conseguiu comunicar e ilustrar a teoria representada por Schrödinger por meio de sua arguição e do produto físico criado.

Figura 25 - Modelo Atômico Estudante L (Schrödinger)



Para o estudante L, a representação estatística da nuvem eletrônica foi por meio de bolinhas de papel alumínio com tamanhos diferentes, proporcionando a sensação 3D de uma “nuvem”. Os prótons foram evidenciados pelo LED vermelho no núcleo e os nêutrons com bolas de fitas brancas, evidenciando a neutralidade da carga.

Para o estudante B, as respostas para as perguntas 6 e 7 foram:

“Bom, no começo eu não tinha muita inspiração de como fazer, mas acho que quando eu fui pesquisando, eu fui entendendo mais o que ele queria transmitir sobre a nuvem de elétrons. Legal. Pra mim, acho que a nuvem de elétrons seria literalmente uma nuvem com várias gotas d'água. Então, essa foi a minha ideia. E os nêutrons, como eles já ficam no centro, eu tentei fazer um pouquinho de detalhes, o próton, que é a corzinha que acendeu no LED. Aí, cada bolinha de alumínio significa os elétrons dentro dessa gota de água que você falou.”

Nota-se que o uso da metáfora da nuvem, utilizada como linguagem do professor e observada em materiais didáticos, fizeram com que o estudante J

relaciona-se com os vapores/gotas de água acumulada na formação de uma nuvem, contemplando a magnitude da relação que pode ser pensado pelo estudante com a ideia quântica citada anteriormente.

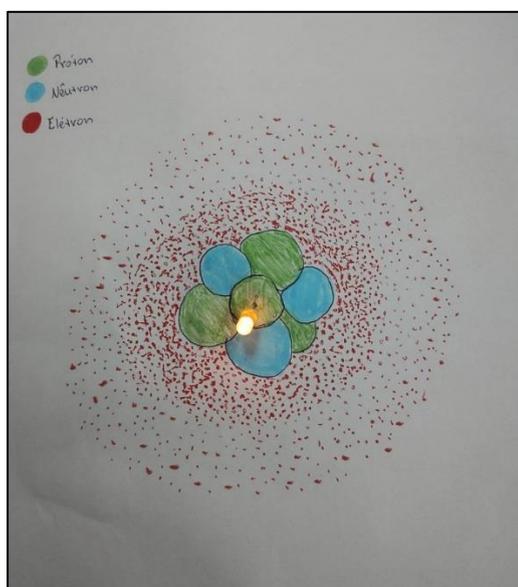
Analisa-se a confiabilidade da Teoria dos Modelos Mentais, na manipulação da realidade simulada, em que o Estudante L pôde atribuir mais recursos à sua ideia, por meio das pesquisas entendendo o que o cientista queria transpor com a equação de Schrödinger, evidenciando a dinamicidade e atualização do seu Modelo Mental.

Neste modelo, diferente do primeiro, no qual representou-se a eletrosfera com algodão, foram utilizadas bolinhas de alumínio, como recurso e criatividade, pelo Estudante J, porém ambos, com as devidas explicações, conseguem representar o referido Modelo Atômico.

Esta atividade, tendo como olhar os Modelos Mentais, possibilita compreender o poder das Metodologias Ativas, incentivando os estudantes a pesquisarem e serem protagonistas da adesão do conhecimento, como pode ser visto nos estudantes K e L. O mesmo movimento se observa na explanação do estudante L, em resposta à pergunta 12 (Em seu ponto de vista, há alguma ação ou mudança que a escola pode fazer para impactar positivamente a sua aprendizagem e a dos outros estudantes?):

“Por exemplo, teve a aula no laboratório de maker de química, que ajudou um pouco a gente a representar físico... Eu acredito que eu gosto muito de assistir os vídeos bem detalhados, como o nosso trabalho. Representando como é que realmente seria dentro de um átomo, para termos uma ideia do que realmente estamos falando ou do que realmente estamos escrevendo nas matérias.”

Figura 26 - Modelo Atômico Estudante M (Schrödinger)



O estudante M optou pelo desenho como forma de representação do Modelo Atômico, no qual os prótons e nêutrons no núcleo, aceso por uma lâmpada de Led amarela, são representados pelas cores verde e azul, assim como a “nuvem de elétrons” é representada por pontinhos vermelhos, estando com uma maior densidade próxima do núcleo e menor densidade à medida que se afasta do núcleo.

Essa perspectiva pode representar a ideia de orbitais, que o professor poderia inserir e aumentar a veracidade do modelo realizado adicionando essa informação e outras. Com base nas respostas 6 e 7 do estudante M:

“No modelo que eu vi era tipo uma nuvem. Aí eu tentei fazer com essas bolinhas. Aí a bolinha representa a nuvem, em cada lugar que é. Aquilo que eu coloquei aqui é o elétron. Legal que você botou aqui que é mais preenchido de elétron. E aqui mais para fora tem menos elétron. Legal pra caramba. Qual material você utilizou para representar? Eu desenhei em papel, com canetinha. E a luz.”

O estudante N optou por não fornecer entrevistas, porém permitiu a exposição do seu modelo atômico:

Figura 27 - Modelo Atômico Estudante N (Schrödinger)



Analisa-se que o Estudante N optou por representar, em uma placa de papelão, o núcleo com uma bola de alumínio com o Led aceso e os elétrons na “nuvem”, evidenciados com grãos de arroz dispostos ao redor do núcleo como uma orbita.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação investiga a aplicação da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird no ensino de química, por meio de atividades baseadas na Cultura Maker. Os resultados obtidos sugerem que a Cultura Maker, utilizando principalmente a criatividade e a aprendizagem colaborativa, pode ser aplicada no Ensino de Química. As representações mentais realizadas pelos estudantes com diferentes recursos permitem representar fenômenos e elementos da Química em seus níveis macroscópico, microscópico e simbólico, auxiliando no aprendizado.

Para o professor de Química, as atividades maker possuem o potencial de ajudar no reconhecimento das dificuldades dos alunos, que se tornam evidentes na prática. Isso ocorre porque os estudantes precisam constantemente calcular e identificar os recursos necessários para representar seus Modelos Mentais da forma mais precisa, expondo, assim, suas dificuldades, seja na produção do material, seja no entendimento conceitual.

A Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird propõe que os indivíduos formam representações internas do mundo para simular e prever eventos, processo essencial para o raciocínio humano. Nesse contexto, as atividades maker proporcionam um ambiente no qual os alunos podem construir essas representações, conectando a abstração dos conceitos científicos a algo tangível e visualmente acessível.

Assim, o professor pode utilizar a metodologia maker como uma ferramenta para diagnosticar, de forma mais aprofundada, o que os alunos internalizaram, possibilitando a elaboração de diversas estratégias para corrigir ou aprimorar seus Modelos Mentais e aproximá-los da literatura científica.

Ao elaborar atividades que permitam aos alunos construir modelos físicos utilizando materiais acessíveis, a metodologia não apenas estimula a criatividade, mas também viabiliza a compreensão de conceitos químicos que, de outra forma, seriam ensinados de maneira mais teórica e abstrata, o que se torna especialmente relevante em escolas que não dispõem de recursos laboratoriais.

Essa perspectiva torna a Cultura Maker inclusiva e acessível, permitindo que aspectos culturais dos estudantes, como o uso de papel machê ou desenhos, sejam incorporados, tornando a aprendizagem mais significativa. Os alunos podem, assim,

trazer elementos do cotidiano para o ensino de Química.

Apesar dos resultados promissores, o estudo revelou alguns desafios. Os alunos apresentaram dificuldades específicas na representação de modelos mais complexos, como o modelo de Schrödinger, que envolve conceitos quânticos. Essas dificuldades evidenciam a necessidade de uma mediação mais cuidadosa por parte dos professores, que devem estar preparados para oferecer suporte adicional, especialmente em tópicos que envolvem conceitos científicos avançados e menos intuitivos.

Como o estudo foi conduzido por apenas um docente, é importante que mais profissionais capacitados participem, oferecendo suporte adicional aos alunos. A adaptação da Cultura Maker ao currículo escolar tradicional também pode ser desafiadora, exigindo tempo e esforço consideráveis dos professores, que frequentemente enfrentam uma carga de trabalho elevada.

A revisão da literatura mostra que a produção de artigos e estudos que interligam os modelos mentais de Johnson-Laird com o ensino de Química ou a Cultura Maker ainda é pequena desde 2009. Por isso, como parte dos objetivos deste mestrado, foi desenvolvido um Produto Educacional, um Guia Pedagógico de Cultura Maker e Química.

Este guia é destinado a estudantes e professores que desejam unir a Química à Cultura Maker. A aplicação deste estudo de caso em outras turmas tem como objetivo ampliar a disseminação da Cultura Maker e incentivar a produção de trabalhos científicos na área, visando sua expansão contínua.

Em síntese, a aplicação da Cultura Maker no ensino de Química, fundamentada na Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird, mostrou-se uma metodologia potencialmente eficaz para promover um ensino mais ativo, colaborativo e criativo, fomentando a curiosidade e o engajamento dos estudantes.

Portanto, a Cultura Maker surge como uma metodologia promissora, capaz de transformar a maneira como se ensina e se aprende Ciências, tornando a educação mais acessível, inclusiva e conectada com o mundo contemporâneo.

8 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto desta pesquisa será um guia pedagógico com a sequência didática das aulas de Cultura Maker, com o passo a passo e o planejamento de cada uma das atividades elaboradas.



APRESENTAÇÃO



MESTRANDO: ARTHUR JACOB DOS SANTOS

ORIENTADORA: DR^a PAULA MACEDO LESSA DO SANTOS

**PROFESSOR DE QUÍMICA E COORDENADOR DE
CULTURA MAKER**

O Guia Pedagógico é voltado para professores de Química e Ciências que desejam implementar atividades acessíveis e inclusivas, utilizando materiais de baixo custo dentro da Metodologia Cultura Maker, para o estudo dos Modelos Atômicos.

SUMÁRIO

1

Apresentação da Cultura
Maker

2

Os pilares da Cultura
Maker

3

Prática 1 - Construindo
artistas cientistas

7

Prática 2 - Localizando os
elementos químicos

12

Prática 3 - Projeto Final

15

Referências Bibliográficas

CULTURA MAKER

Do It Yourself

O **movimento maker** é uma extensão tecnológica da cultura do “Faça você mesmo”, que estimula as pessoas comuns a construir, modificarem, consertarem e fabricarem os próprios objetos, com as próprias mãos. Isso gera uma mudança na forma de pensar.

A Revolução do Design, Fabio Silveira, 2016

A base do **movimento maker**, então, encontra-se na experimentação. Para a educação, a ampla exposição à experimentação pode significar processos de aprendizagem que promovam o trabalho coletivo e a resolução de problemas de forma criativa e empática.

Emerging issues in the practice of university learning and teaching, 2005, Saranne Magennis

PILARES DO MAKER

Os 4 Fundamentos do Maker

CRIATIVIDADE

A Cultura Maker tem como necessidade, encontrar novas soluções para situações cotidianas, portanto, **sem criatividade não há Maker.**

COLABORAÇÃO

O processo Maker ganha com o **intercâmbio de ideias e a troca de conhecimento** possibilitado por meio das atividades em grupo.

SUSTENTABILIDADE

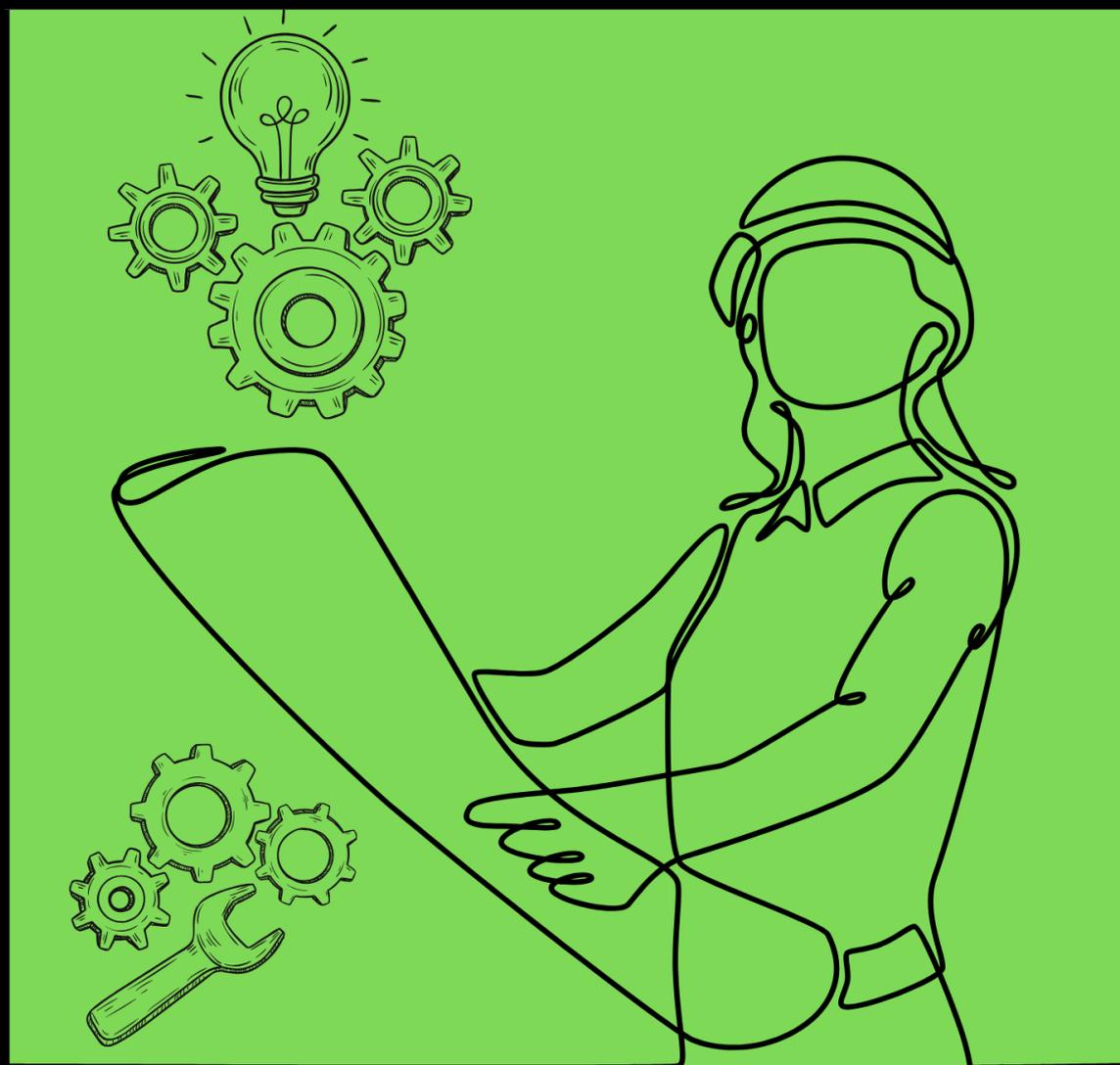
O Maker visa priorizar os **impactos socioambientais**, evitando ao máximo o desperdício e fomentando sempre a **ressignificação usos e funções de materiais.**

ESCALABILIDADE

No movimento Maker as **criações podem ser replicadas, multiplicadas, em grande escala e de custo baixo.**

Prática 1 - Construindo artistas cientistas

CULTURA MAKER



PEQui



instituto de química
Universidade Federal do Rio de Janeiro

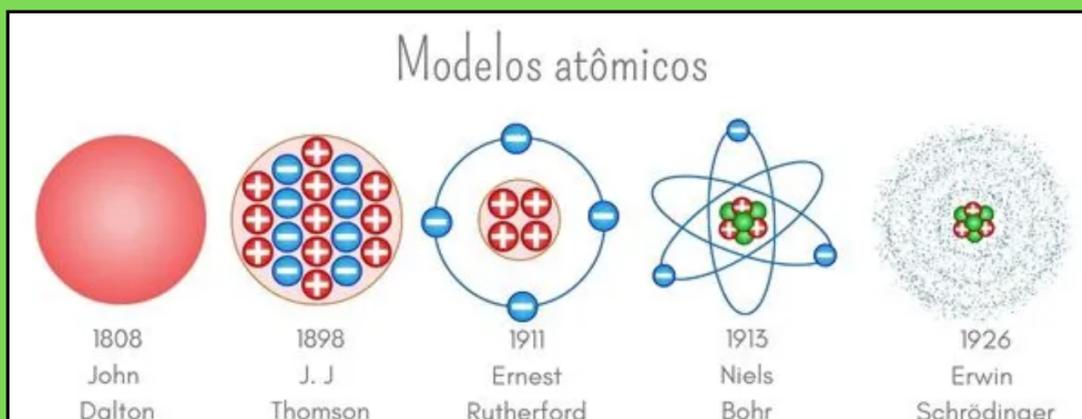
9º E 1º ANO

Prática 1 - Construindo artistas cientistas

DES VENDANDO OS MODELOS ATÔMICOS

(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.

(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.



Esta prática é uma conexão com as disciplinas de Ciências/Química



O QrCode ao lado direciona para o vídeo referência desta prática. Ou clique aqui para acessar.

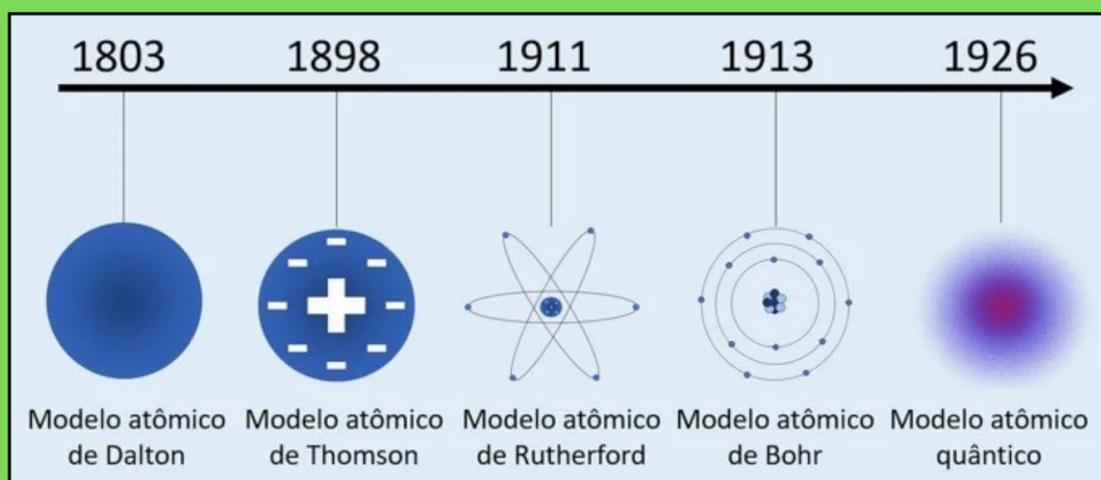
O Projeto será construído em duas partes:

1º- Construção do desenho da linha do tempo da evolução dos modelos atômicos

Componentes:

- **Folha A4**
- **Material de Desenho (Lápis, Lápis de Cor, Canetinha)**
- **Imagem de referência com o nome e a descrição dos modelos atômicos.**

Os estudantes são desafiados a construírem uma linha do tempo da evolução dos modelos atômicos, com ênfase no modelo atual.



2º- Construção da parte elétrica

Componentes:

- **Led**
- **Bateria de 3v**
- **Papel Alumínio**
- **Fita adesiva**
- **Base de referência que encontra-se na próxima página.**



O LED é um componente eletrônico semiconductor, ou seja, é um diodo emissor de luz (L.E.D = Light Emitter Diode). Para identificar qual dos terminais é o ânodo e qual é o catodo, basta observar o tamanho dos terminais, onde a "perna" maior do LED é o ânodo, correspondente ao polo (+), e a "menor" é o catodo que corresponde polo (-).

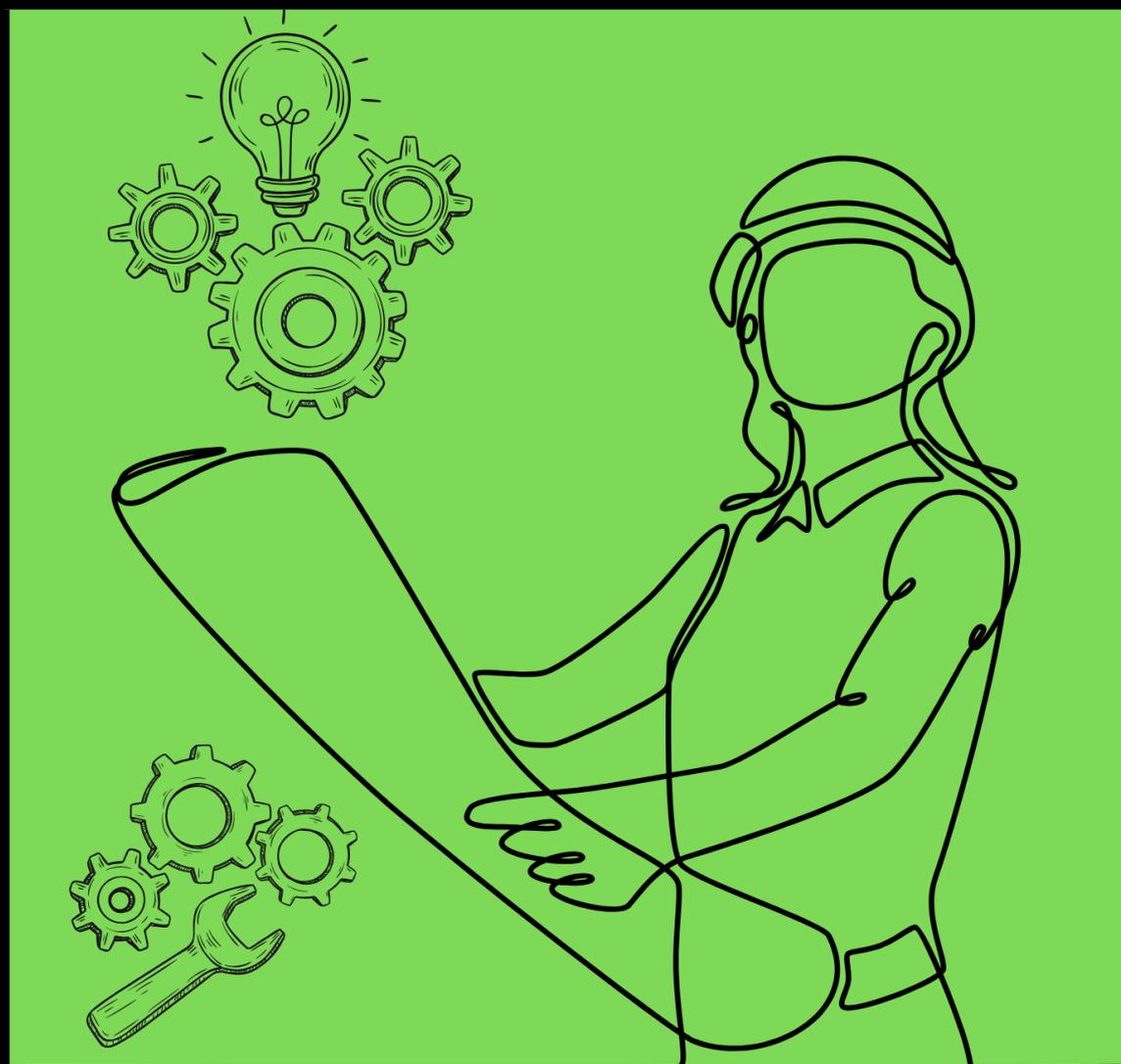
A Bateria 3V (CR2032) ou popularmente conhecida por "pilha moeda" ou "pilha botão" é desenvolvida com substância química chamada "Lithium", o que aumenta, consideravelmente, a sua durabilidade durante as mais diferentes aplicações. Nesta bateria é evidenciado o lado positivo e o lado negativo.



Utiliza-se o papel alumínio, por ser feito do metal Alumínio, um bom condutor de corrente elétrica.

Prática 2 - Localizando os elementos químicos

CULTURA MAKER



PEQui



instituto de química
Universidade Federal do Rio de Janeiro

9º E 1ANO**Prática 2 - Localizando os elementos químicos.****METAIS X AMETAIS
X GASES NOBRES**

(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.

(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

	1																		18	
1	H																			He
2	Li	Be																		Ne
3	Na	Mg																		Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe
6	Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn
7	Fr	Ra	Ac**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh				Uuo
			6 *	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			7 **	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

LEGENDA

Fe Metais He Gases nobres O Não metais ou ametais

Esta prática é uma intedisciplinaridade com a disciplina de **Ciências/Química**.



O QrCode ao lado direciona para o vídeo referência desta prática. Ou clique aqui para acessar.

O Projeto será construído em duas partes:

1º- Construção do desenho da Tabela Periódica

Componentes:

- **Folha A4**
- **Material de Desenho (Lápis, Lápis de Cor, Canetinha)**
- **Imagem de referência da tabela periódica com os símbolos dos elementos.**

Os estudantes são desafiados a construírem uma tabela periódica do tamanho de uma folha A4 (paisagem). Representando com cores diferentes os Metais x Ametais x Gases Nobres.

Realizar o experimento em linha reta para facilitar a entrada dos LEDs no experimento

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Fig. 5-3

Tabela periódica atual. (Não estão indicados alguns elementos de número atômico superior a 111 porque a existência deles ainda não foi confirmada ou porque ainda têm nomes provisórios. As massas atômicas estão aproximadas. As cores utilizadas são recursos didáticos para facilitar a visualização de alguns grupos de elementos.)

2º- Construção da massinha e parte elétrica

Componentes:

- **Bateria de 9v e o conector clip**
- **200g de Farinha de Trigo (1 e 1/4 de xícara)**
- **75g de Sal (5 colheres de sopa)**
- **1 colher de sopa de óleo**
- **150 ml de água**
- **Bacia grande para produção da massinha.**
- **4 LED's**

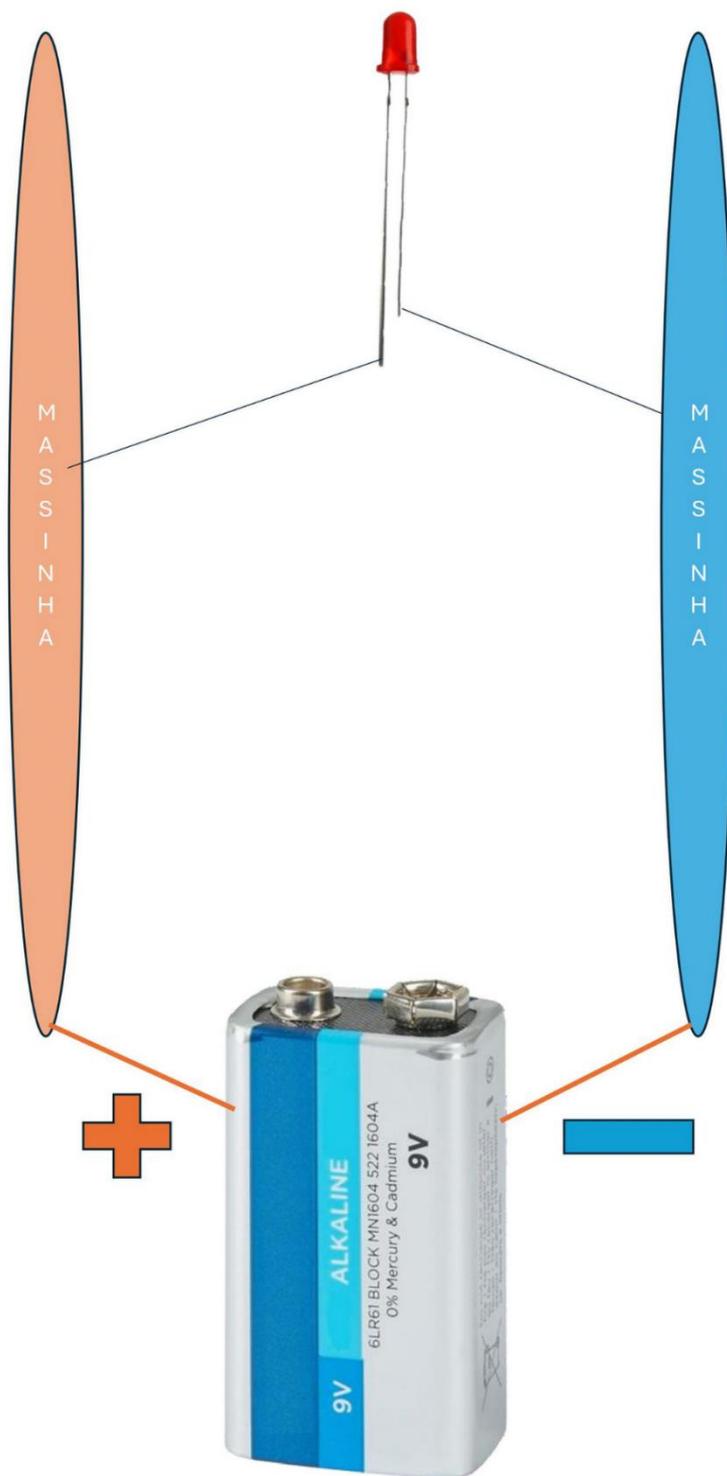


Passo a passo:

- Na bacia grande misture 1 xícara de farinha de trigo, o sal, o óleo e deixe a água para o final, aplicando o ponto correto da massinha, caso esteja mole, adicione aos poucos o resto da farinha.
 - Fure os LED's em cada classificação (Metal x Ametal x Gases Nobres. Os LED's devem ser postos em linha reta e sempre a mesma orientação de polos ("perninhas") dos LED's.
- Posicionar a massinha com base a estrutura abaixo.
 - Colocar a bateria de 9v, com o conector na massinha, correspondendo qual o lado da massinha que configura o polo positivo e o polo negativo, para o LED, acender corretamente.

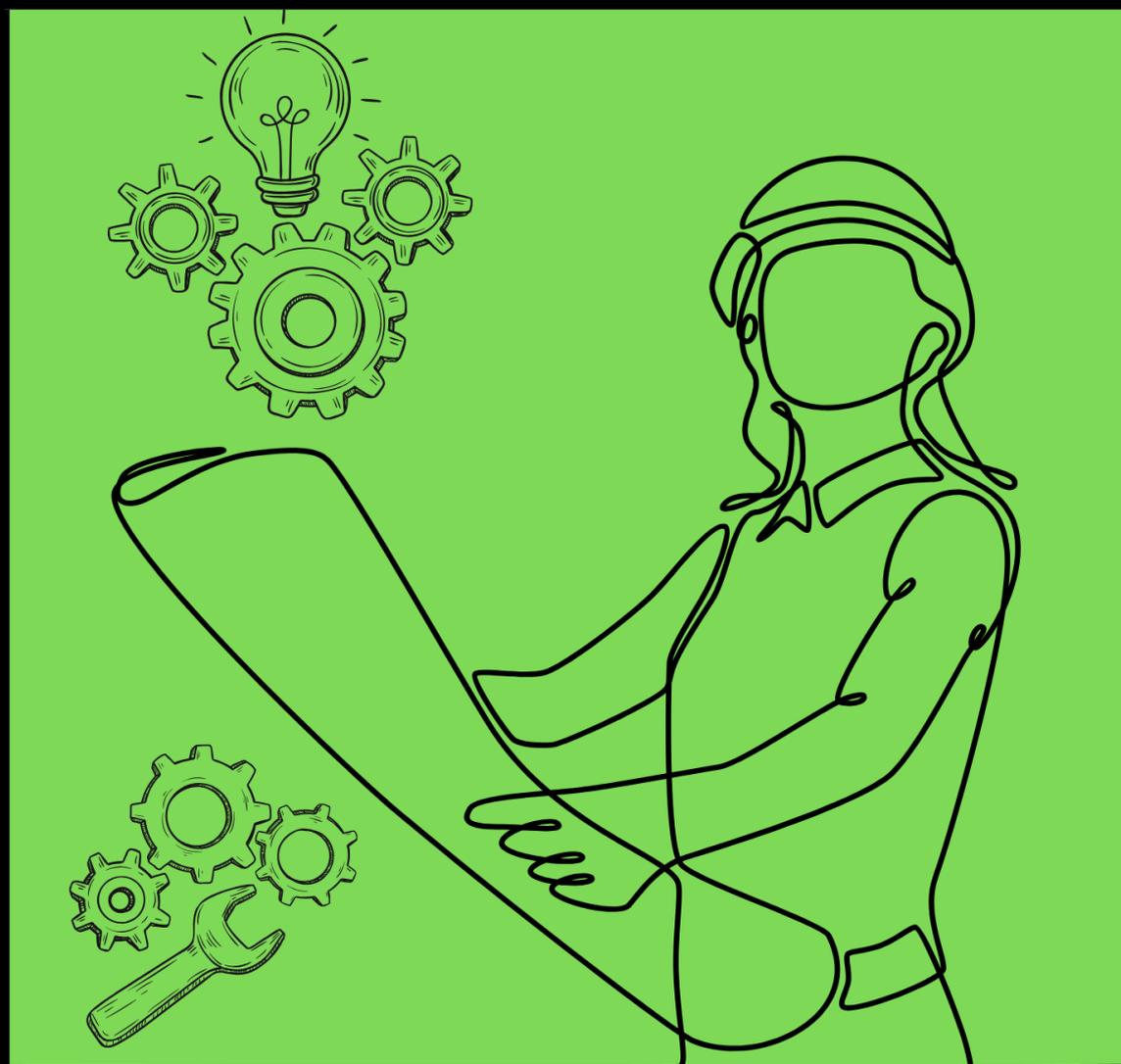


Base para construção da parte elétrica



Prática 3 - Projeto Final

CULTURA MAKER



PEQui



instituto de química
Universidade Federal do Rio de Janeiro

CULTURA MAKER

Do It Yourself

PROJETO FINAL

Trajetória Maker



Representação da Evolução dos Modelos Atômicos

CIRCUITO DE PAPEL ALUMÍNIO



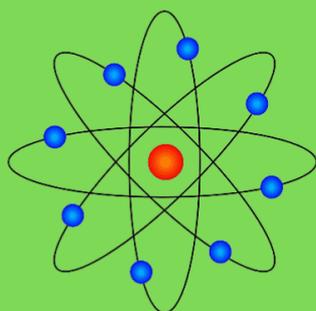
Representação da Tabela Periódica

CIRCUITO DE MASSINHA

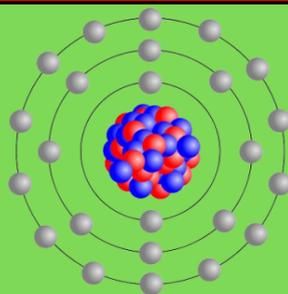
INSTRUÇÕES PARA O PROJETO

COM AUXÍLIO DA PRÁTICA DO PAPEL ALUMÍNIO, OU DA MASSINHA, OS ESTUDANTES IRÃO ELABORAR UM MODELO ATÔMICO SORTEADO PELO PROFESSOR.

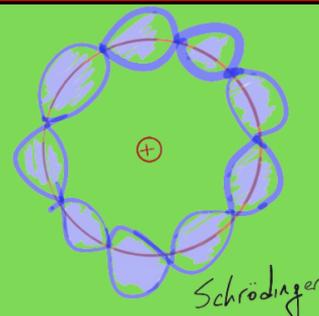
COM O DESAFIO DE ACENDER AO MENOS UM LED.



RUTHERFORD



BOHR



SCHRODINGER

Planejamento do Trabalho

NA PRÓXIMA AULA O(A) ESTUDANTE (INDIVIDUALMENTE) ENTREGARÁ UMA FOLHA COM AS INSTRUÇÕES ABAIXO E COMEÇAREMOS A PRODUÇÃO DO MODELO ATÔMICO.

PLANEJAMENTO DO TRABALHO

NOME:

MODELO ATÔMICO:

MATERIAIS:

**EXPLICAÇÃO DO MODELO ATÔMICO: 10
LINHAS**

DESENHO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017.



BLIKSTEIN, Paulo. Digital fabrication and 'making'in education: The democratization of invention. FabLabs: Of machines, makers and inventors, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2013.



O'NEILL, Geraldine; MOORE, Sarah; MCMULLIN, Barry (Ed.). Emerging issues in the practice of university learning and teaching. All Ireland Society for Higher Education (AISHE), 2005.



SILVEIRA, Fábio. A revolução do design. 1. ed. São Paulo: Levez Design, 2016.

A aplicação deste estudo de caso em outras turmas tem como objetivo ampliar a disseminação da Cultura Maker e incentivar a produção de trabalhos científicos na área, visando sua expansão contínua.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.
- AUSUBEL, David P. Schemata, **Cognitive structure, and advance organizers: A reply to Anderson, Spiro, and Anderson**. American educational research journal, v. 17, n. 3, p. 400-404, 1980.
- AUSUBEL, David P.; STAGER, Mary; GAITE, A. J. H. **Retroactive facilitation in meaningful verbal learning**. Journal of Educational Psychology, v. 59, n. 4, p. 250, 1968.
- AUSUBEL, David Paul et al. Educational psychology: A cognitive view. 1978.
- BARBOZA, Talita Bernardi et al. **USO DE UM APLICATIVO NA CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES DE MOLÉCULAS ORGÂNICAS DURANTE O ENSINO REMOTO**. Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista—ENCITEC, v. 12, n. 3, p. 131-148, 2022.
- BEST, J. B. (1992). **Cognitive psychology**. 3.ed. St. Paul, NY: West Publishing Company
- BLIKSTEIN, Paulo. **Digital fabrication and 'making'in education: The democratization of invention**. FabLabs: Of machines, makers and inventors, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2013.
- BLIKSTEIN, Paulo. **Gears of our childhood: constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future**. In: Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children. 2013. p. 173-182.
- BLIKSTEIN, Paulo; KRANNICH, Dennis. **The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research**. In: Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children. 2013. p. 613-616.
- BOHR, N. **Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957**. Rio de Janeiro:Contra-ponto, 1995.
- BOHR, N. **Sobre a constituição de átomos e moléculas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1989.
- BRAGA, J. P. **Os cem anos do átomo de Sommerfeld**. Revista Brasileira de

Ensino de Física, v. 38, p. e4306, 2016.

CRAIK, K. J. W. **The Nature of Explanation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.

DA SILVA CASCAES, Nilcecleide; CAVALCANTE, Marisa Almeida. **O Papel Do Professor E A Necessidade De Alfabetização Tecnológica E Científica Dos Jovens Com O Auxílio Da Cultura Maker**. Revista Dynamis, v. 29, n. 2, p. 134-149, 2023.

DA SILVA, Tiago Rodrigues et al. **Modelização Didática No Ensino De Química: Construindo Representações Mentais Sobre As Estruturas Dos Átomos**. PESQUISA EM FOCO, v. 23, n. 2, 2018.

DE CAMARGO, Luana Carol; DE SIMAS ASQUEL, Sara; OLIVEIRA, Brenno Ralf Maciel. **Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático**. ACTIO: Docência em Ciências, v. 3, n. 3, p. 197-213, 2018.

DE FREITAS FILHO, João Rufino et al. **Modelos Mentais dos Estudantes do Ensino Médio e a Química dos alimentos**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 3, 2009.

DOUGHERTY, D. (2011). **The Maker Movement**. Make: Magazine, Volume 27, pp. 8-12.

DURAND, Ângela Malvina; GARCIA, Isabel Krey. **Pesquisa bibliográfica: as reações de oxirredução de acordo com os modelos mentais**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 25, n. 3, p. 108-144, 2020.

EYSENCK, M. W. & KEANE, M. T. (1994). **Psicologia cognitiva: um manual introdutório**. Porto Alegre: Artes Médicas.

GIL, Antônio Carlos. **Como classificar as pesquisas**. Como elaborar projetos de pesquisa, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas SA, 2002.

GONÇALVES, Júlio César. **A curiosidade no ciclo gnosiológico**. Revista Multidisciplinar da UNIESP, v. 9, p. 106-117, 2010.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HUSSERL, E. **A crise da humanidade europeia e a filosofia**. Porto Alegre; EDIPUCRS, 2008.

JOHNSON-LAIRD, Philip N. **Mental models and deduction**. *Trends in cognitive sciences*, v. 5, n. 10, p. 434-442, 2001.

JOHNSON-LAIRD, Philip N.; BYRNE, Ruth M.; SCHAEKEN, Walter. **Propositional reasoning by model**. *Psychological review*, v. 99, n. 3, p. 418, 1992.

JOHNSON-LAIRD, Philip Nicholas. *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press, 1983.

KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul; WEAVER, Gabriela C. **Química geral e reações químicas**. Cengage Learning, 2015.

LIBÂNEO, José Carlos. **Pedagogia tradicional: notas introdutórias**. Texto digitado, 1990.

MARQUES, Dayan Araújo; BRAGA, Marcel Bruno Pereira; DE FARIAS, Sidilene Aquino. **Análise de evidências sobre a representação de modelos mentais em Ligações Químicas: concepções de licenciandos em Química**. 2017.

MARTÍNEZ, S. L., & STAGER, G. S. (2013). **Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom**. Constructing Modern Knowledge Press.

MASSA, N. P. **Mapeamento do pensamento computacional por meio da ferramenta scratch no contexto educacional brasileiro: análise de publicações do Congresso Brasileiro de Informática na Educação entre 2012 e 2017**. 2019. 155f. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) - Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019.

MASSA, Nayara Poliana; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; DOS SANTOS, Josely Alves. **O Construcionismo de Seymour Papert e os computadores na educação**. *Cadernos da FUCAMP*, v. 21, n. 52, 2022.

MATEUS, Paola Gimenez; GIBIN, Gustavo Bizarria; FERREIRA, Luiz Henrique.

Potencialidades do uso de animações em stop motion para investigação de modelos mentais sobre conceitos químicos. Revista Eletrônica de Educação, v. 15, p. e4176066-e4176066, 2021.

MELO, Marlene Rios et al. **Identificando modelos mentais de equilíbrio químico: uma alternativa para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.** Revista Fórum Identidades, 2016.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins et al. **Modelos atômicos nos livros didáticos de química: obstáculos à aprendizagem.** ENPEC–ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 7, 2009.

MIT LIBRARIES. **DSpace@MIT.** Cambridge, Massachusetts, 2016.

MIT NEWS. Professor Emeritus Seymour Papert, pioneer of constructionist learning, dies at 88. Cambridge, Massachusetts, 2016.

MOREIRA M & MASINI, E. **Aprendizagem Significativa. A teoria de David Ausubel.** p.3 São Paulo: Editora Moraes LTDA, 1982.

MOREIRA, Marco Antonio. **Modelos mentais. Investigações em ensino de ciências,** v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

NAVAL, Escola De Guerra; DA COSTA, CC Daniel J. S. (2019) **A Teoria Do Modelo Mental De Kenneth Craik.** Marinha do Brasil

NEUFELD, C. B., & STEIN, L. M. (1999). **As bases da Psicologia Cognitiva.** Revista da Saúde, v.3, n.2, jul./dez.

O'NEILL, Geraldine; MOORE, Sarah; MCMULLIN, Barry (Ed.). **Emerging issues in the practice of university learning and teaching.** All Ireland Society for Higher Education (AISHE), 2005.

PAPERT, Seymour; REINHOLD, Fran. **New Views on Logo and [An Interview with Seymour Papert].** Electronic Learning, v. 5, n. 7, p. 33, 1986.

PEDUZZI, Luiz OQ; BASSO, Andreza C. **Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, p. 545-557, 2005.

PESSOA, Ana Cláudia Gonçalves. Sequência didática. **Glossário Ceale de termos de Alfabetização, leitura e escrita par educadores.** Belo Horizonte,

CEALE/Faculdade de Educação da UFMG, 2014.

PIVA, Gabriela Martins et al. **O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: Aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 12, n. 1, p. 1-24, 2021.

PORTO, C. M. **O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, p. 1-11, 2013.

PRETTO, Fernando; FILARDI, Fernando. **Jogos de empresas: Uma estratégia de motivação no processo de ensino e aprendizagem dos cursos de Administração.** Globadvantage-Center of Research in International Business & Strategy, 2008.

QEDU. **Censo da Educação Básica 2023.** Disponível em: <https://www.qedu.org.br>.

RODRIGUES, Angélica Mattioli; GIBIN, Gustavo Bizarria. **Modelos mentais dos alunos sobre a pilha de Daniell: Investigação com o aplicativo stop motion.** TICs & EaD em Foco, v. 6, n. 2, p. 119-132, 2020.

RUSSELL, J. B., **Química Geral**, Vol. 1, São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2005.

SELLTIZ, Claire; WRIGHTSMANN, L. S.; COOK, S. W. **Planejamento de pesquisa: estudos exploratórios e descritivos. Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais.** São Paulo, Ed. Herder e Editora da Universidade de São Paulo, cap, v. 3, p. 57-90, 1967.

SILVA, Tainá Souza; DE SOUZA, João Jarllys Nóbrega; DE CARVALHO FILHO, José Rodrigues. **Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química.** Experiências em ensino de ciências, v. 12, n. 2, p. 104-117, 2017.

STELLA, Ana Lucia; FIGUEIREDO, Ana Paula Silva; SILVA, Damione Damito Sanches Sigalas Dameão da; AMARAL, Mirela Campos do; SACHETTI, Welington Luis. **BNCC e a cultura maker: uma aproximação na área da matemática para o ensino fundamental.** Revista InovaEduc, v. 4, p. 1-37, ago. 2018.

STERNBERG, Robert J. et al. **Psicologia cognitiva.** p.38 Padova, Italy: Piccin,

2000.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez editora, 2022.

THIOLLENT, Michel; BOURDIEU, Pierre. Crítica metodológica, investigação social & enquete operária. Polis, 1985.

TOMBOLATO, Juliana Pereira; DOS SANTOS, Manoel Antônio. **Análise fenomenológica interpretativa (AFI): fundamentos teórico-metodológicos e aplicações em pesquisas na saúde**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, n. 12, p. 4429-4440, 2020.

VALENTE, J. A. **Informática na Educação no Brasil: Análise e Contextualização Histórica**. In: VALENTE, J. A. (org.) O computador na sociedade do conhecimento. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999. p. 1-13.

VALENTE, José Armando. **Pensamento computacional, letramento computacional ou competência digital?** Novos desafios da educação. Revista educação e cultura contemporânea, v. 16, n. 43, p. 147-168, 2019.

APÊNDICE

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A METODOLOGIA CULTURA MAKER NA CRIAÇÃO DE MODELOS MENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA, COM BASE A TEORIA DE JOHNSON-LAIRD

Pesquisador: Arthur Jacob dos Santos

Orientadora: Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos

Número do CAAE: 80330724.0.0000.5286

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

O objetivo desta pesquisa é analisar se a metodologia Cultura Maker, utilizada como uma disciplina no Colégio Matriz Educação, pode diagnosticar a internalização de conteúdos de Química, especificamente, A Evolução dos Modelos Atômicos. Desta forma por ser uma Metodologia Ativa, busca-se o protagonismo do estudante, proporcionando um ensino de Química, disciplina que os estudantes do Ensino Médio possuem dificuldade, uma matéria atrativa e mão na massa. Com este diagnóstico realizado por meio de uma produção física dos estudantes em Maker, o professor poderá intervir mais precisamente na mediação com o conteúdo de modo a auxiliar os estudantes em seus possíveis equívocos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Rubrica do pesquisador:_____ Rubrica do participante:_____

Procedimentos:

Se o(a) Sr.(a) aceitar fazer parte desta pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são colaborar nas tarefas, responder a entrevista, desenvolver um projeto individual, durante as aulas de Cultura Maker, sabendo que as etapas podem ser fotografadas, filmadas ou descritas, porém, sem a identificação dos indivíduos participantes.

Desconfortos e riscos:

A pesquisa não apresenta qualquer risco ao participante no que tange possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural do ser humano, em qualquer de suas etapas e delas decorrentes.

Benefícios:

Os possíveis benefícios resultantes da participação na pesquisa são maior cooperação em grupo, proatividade, envolvimento com conceitos de química inorgânica e sobre a história dos modelos atômicos, e desenvolvimento de novos conhecimentos sobre os temas abordados. Esta pesquisa não gera aos seus participantes um retorno financeiro ou material.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Não haverá ressarcimento de despesas como transporte, alimentação ou diárias. Todas as atividades previstas na pesquisa serão feitas durante o horário de estudo. Você terá a garantia ao direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Arthur Jacob dos Santos, estudante de mestrado profissional em Ensino de Química do Instituto de Química da UFRJ, endereço Avenida Athos da Silveira Ramos, nº 149, Bloco A – 7º andar Centro de Tecnologia – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909 tel.:(21) 97041-2222; E-mail:ajacob180300@gmail.com

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IESC no horário de 10:00 hrs às 16:00 hrs (sala 15) na Avenida Horácio Macedo, s/n – próximo a Prefeitura Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão – Cidade Universitária; CEP 21941-598 Rio de Janeiro – RJ; telefone (21) 3938-0273; e- mail: cep@iesc.ufrj.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante: _____

Contato telefônico: _____

Rubrica do pesquisador:_____Rubrica do participante:_____

E-mail (opcional): _____ Data: / /

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/2016 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

_____ Data: __/ __ / __

Pesquisador: Arthur Jacob dos Santos

_____ Data: __/ __ / __

Orientadora: Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A METODOLOGIA CULTURA MAKER NA CRIAÇÃO DE MODELOS MENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA, COM BASE A TEORIA DE JOHNSON-LAIRD

Pesquisador: Arthur Jacob dos Santos

Orientadora: Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos

Número do CAAE: 80330724.0.0000.5286

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

O objetivo desta pesquisa é analisar se a metodologia Cultura Maker, utilizada como uma disciplina no Colégio Matriz Educação, pode diagnosticar a internalização de conteúdos de Química, especificamente, A Evolução dos Modelos Atômicos. Desta forma por ser uma Metodologia Ativa, busca-se o protagonismo do estudante, proporcionando um ensino de Química, disciplina que os estudantes do Ensino Médio possuem dificuldade, uma matéria atrativa e mão na massa. Com este diagnóstico realizado por meio de uma produção física dos estudantes em Maker, o professor poderá intervir mais precisamente na mediação com o conteúdo de modo a auxiliar os estudantes em seus possíveis equívocos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Procedimentos:

Se o(a) Sr.(a) aceitar fazer parte desta pesquisa, os procedimentos envolvidos

em sua participação são colaborar nas tarefas, responder a entrevista, desenvolver um projeto individual, durante as aulas de Cultura Maker, sabendo que as etapas podem ser fotografadas, filmadas ou descritas, porém, sem a identificação dos indivíduos participantes.

Desconfortos e riscos:

A pesquisa não apresenta qualquer risco ao participante no que relaciona a possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural do ser humano, em qualquer de suas etapas e delas decorrentes.

Benefícios:

Os benefícios advindos do estudo são indiretos, porém de grande importância para os estudantes. De posse dos resultados obtidos com a pesquisa, o corpo docente/administrativo da escola poderá elaborar intervenções no sentido de desenvolver atividades que promovam uma melhor qualidade e aproveitamento da aprendizagem entre os alunos.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Arthur Jacob dos Santos, estudante de mestrado profissional em Ensino de Química do Instituto de Química da UFRJ, endereço Avenida Athos da Silveira Ramos, nº 149, Bloco A – 7º andar Centro de Tecnologia – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ, Rio de Janeiro - RJ, 21941-909 tel.:(21) 97041-2222; E-mail:ajacob180300@gmail.com

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IESC no horário de 10:00 hrs às 16:00 hrs (sala 15) na Avenida Horácio Macedo, s/n – próximo a Prefeitura Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão – Cidade Universitária; CEP 21941-598 Rio de Janeiro – RJ; telefone (21) 3938-0273;

e- mail: cep@iesc.ufrj.br.

Assentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante: _____

Contato telefônico: _____

Rubrica do pesquisador:_____Rubrica do participante:_____

E-mail (opcional): _____ Data: / /

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/2016 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o assentimento dado pelo participante.

_____Data: __/ __ / __

Pesquisador: Arthur Jacob dos Santos

_____Data: __/ __ / __

Orientadora: Dr^a Paula Macedo Lessa dos Santos

Rubrica do pesquisador:_____Rubrica do participante:_____