

## **A DIMENSÃO INVESTIGATIVA EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO POR PROJETO: UNINDO A CERÂMICA E A CIÊNCIA.**

**Iorrany Assis Herculino<sup>1</sup>, Ernani Rodrigues Vasoler<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Física – iorrany.herculino@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Física – ernani.rodrigues@ufes.br

### **INTRODUÇÃO**

A cerâmica, enquanto prática milenar e presente em diferentes culturas e períodos históricos, constitui um campo privilegiado para a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade. Seus processos de transformação — da manipulação da argila à queima e à formação de esmaltes vitrificados — envolvem fenômenos físicos e químicos complexos que podem ser explorados como contexto significativo para o ensino de ciência por investigação.

Nesse sentido, o presente Produto Educacional propõe uma abordagem de ensino por projetos, almejando o letramento científico e tecnológico dos estudantes e apoiada em atividades investigativas, utilizando os processos de queima e esmaltação cerâmica como eixo estruturador da aprendizagem. A proposta foi concebida para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, tendo como objetivo central aproximar os conceitos de energia, calor, temperatura, transferência térmica e transformação da matéria de situações concretas e observáveis.

A abordagem do Ensino por Investigação, inspirada nas Sequências de Ensino Investigativas de Carvalho et.al. (2009), demonstrou ser bem-sucedida para envolver os alunos de maneira ativa e motivadora. Trata-se de uma abordagem que coloca o aluno no papel ativo de investigador e promove a descoberta de conhecimento de maneira autônoma, aprimorando seu raciocínio e suas habilidades cognitivas (Siqueira; Malheiro, 2020). Nesse processo, os alunos são incentivados a formular perguntas, criar hipóteses, coletar, analisar dados, e tirar conclusões, manipulando materiais e testando as hipóteses criadas, a partir de atividades estruturadas que seguem as etapas e/ou ações investigativas:

[...] o professor propõe o problema; agindo sobre os objetos para ver como eles reagem; agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado; tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado; dando explicações causais; escrevendo e desenhando; relacionando a atividade e cotidiano (Carvalho et al., 1998, p. 40).

A escolha da cerâmica como contexto de ensino justifica-se pela possibilidade de observar fenômenos térmicos reais, tais como: evaporação da água, decomposição de compostos orgânicos, sinterização, vitrificação, fusão de óxidos, formação de filmes vítreos e variações estruturais decorrentes de gradientes de temperatura. Cada uma dessas etapas implica em transformações

energéticas e materiais diretamente relacionadas à Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica, oferecendo oportunidades ricas para investigação, modelização e argumentação científica.

Além do estudo da queima, o processo de esmaltação cerâmica amplia o potencial didático ao introduzir conceitos como mudança de estado, coeficientes de dilatação térmica e interações eletrônicas responsáveis pelas cores dos esmaltes. Esses fenômenos permitem ao estudante compreender como a energia térmica atua na reorganização da matéria e na formação de estruturas estáveis, além de possibilitar o contato inicial com noções de estrutura da matéria e transições eletrônicas.

O Produto Educacional estrutura-se como uma aproximação entre o ensino por projetos e uma sequência de atividades investigativas, na qual os estudantes são convidados a analisar problemas reais envolvendo cerâmica — como trincas, deformações, utensílios para armazenamento de água (muringa - que podem manter a água em uma temperatura abaixo da registrada no ambiente), falhas de esmalte ou mudanças inesperadas de cor — formulando hipóteses, realizando testes experimentais e produzindo argumentos que sejam fundamentados em evidências fundamentadas em evidências. Dessa forma, a proposta favorece o desenvolvimento da autonomia intelectual, do letramento científica e da compreensão de como a ciência opera na interpretação de fenômenos do cotidiano.

Assim, este trabalho apresenta a construção, aplicação e análise de uma proposta investigativa que articula termodinâmica, processos cerâmicos e práticas culturais, revelando o potencial da cerâmica como ambiente interdisciplinar para o ensino de Física e para a formação de estudantes críticos, criativos e produtores de conhecimento científico.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **1. Fundamentação Teórica**

O produto educacional, que na data de submissão deste trabalho, encontra-se em fase inicial de implementação, fundamenta-se nas Ilhas de Racionalidade e nas Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade, conforme discutidas por Fourez e ampliadas por Nehring, Silva e Pietrocola. Essa perspectiva entende que o conhecimento científico se constrói por meio de modelizações articuladas a contextos complexos, culturais e tecnológicos. A cerâmica, enquanto prática milenar, permite ao estudante compreender processos históricos e materiais, ao mesmo tempo em que se envolve em fenômenos físicos e químicos reais.

A proposta dialoga ainda com as concepções de Ensino por Investigação de Carvalho (2018) e Sasseron (2015), que defendem sequências didáticas estruturadas em torno de um problema

desafiador, no qual o estudante é instigado a formular hipóteses, manipular materiais, observar resultados, testar modelos explicativos e comunicá-los.

## 2. Conceitos Científicos Mobilizados

O produto educacional propõe a investigação de fenômenos relacionados às leis da Termodinâmica:

### Primeira Lei da Termodinâmica

A queima da argila em um forno constitui um exemplo concreto da Primeira Lei da Termodinâmica, que estabelece a conservação da energia: a energia elétrica transformada em calor pelo sistema resistivo do forno é transferida à peça cerâmica, promovendo transformações

físicas e químicas que a tornam rígida e resistente. Durante a elevação gradual da temperatura, observam-se diferentes estágios: a evaporação da água livre e ligada, a decomposição de compostos orgânicos, a fusão parcial de minerais e a sinterização — fenômeno que consolida a estrutura cristalina do material. Cada etapa corresponde a uma variação controlada de energia interna do sistema, e a estabilidade térmica é fundamental para evitar fissuras e tensões internas causadas por dilatações desiguais.

Os estudantes poderão observar os seguintes processos: balanço de energia; curvas de aquecimento; transferência de calor (condução, convecção e radiação); evaporação da água livre e quimicamente combinada; decomposição de compostos orgânicos; sinterização e consolidação da peça.

### Segunda Lei da Termodinâmica

Na Segunda Lei da Termodinâmica, o conceito de entropia explica a irreversibilidade dos processos térmicos envolvidos: uma vez que a estrutura da argila é reorganizada molecularmente pela ação do calor, não é possível retornar ao estado original. O aumento da entropia se manifesta nas mudanças de fase e na fusão de componentes que resultam na vitrificação — etapa em que o material adquire características de resistência e impermeabilidade. Além disso, as leis da condução e da radiação térmica são observadas no modo como o calor se distribui no interior do forno: a cerâmica mais próxima das resistências recebe maior fluxo energético, exigindo uma disposição adequada das peças para assegurar aquecimento uniforme.



Aula de modelagem em argila no Ateliê

A irreversibilidade dos processos térmicos é abordada por meio de: aumento da entropia durante transformações irreversíveis; formação de fases vítreas; vitrificação e estabilização estrutural da cerâmica; deformações relacionadas a gradientes térmicos.

### Processos de Esmaltação Cerâmica

Na esmaltação, os princípios físicos tornam-se ainda mais evidentes. O esmalte cerâmico, composto por uma mistura de óxidos metálicos e fundentes, sofre fusão e solidificação controladas, formando uma película vítrea sobre a superfície da peça. Essa camada é resultado da transferência de calor, mudança de estado e reação química entre o esmalte fundido e a superfície da cerâmica. A escolha do tipo de esmalte e a curva de aquecimento influenciam diretamente a coloração final, já que os íons metálicos presentes sofrem variações eletrônicas sob altas temperaturas — fenômeno que pode ser explicado pela física quântica e pelas interações entre energia térmica e níveis de energia eletrônicos. A coloração azul de cobalto, por exemplo, resulta de transições eletrônicas específicas do íon  $\text{Co}^{2+}$ , enquanto óxidos de cobre ou ferro produzem tonalidades verdes e vermelhas conforme a atmosfera e a temperatura da queima.



Aula com experimento "espiral de papel e vela"

Os esmaltes permitem trabalhar: mudança de estado (fusão e solidificação controlada); equilíbrio entre coeficientes de dilatação térmica do esmalte e do corpo cerâmico; formação de craquelês e tensões internas; noções introdutórias de física quântica nas cores dos óxidos — transições eletrônicas quantizadas, conforme abordado por Halliday, Resnick e Walker.

### 3. Estrutura do Produto Educacional

A proposta é organizada em quatro módulos interdependentes:

#### Módulo 1 – Introdução à Cerâmica

O contexto histórico e cultural da produção e utilização de artefatos cerâmicos pela humanidade (Tema abordado pelo professor de História em uma aula temática que compõe a proposta desse produto educacional), os materiais (argilas e Óxidos) e suas propriedades serão abordados pela professora de Química, que também colaborou com informações pertinentes ao tema em uma de suas aulas.

#### Módulo 2 – Termodinâmica na Queima

A compreensão das escalas termométricas e o estudo/utilização de termômetros para aferir a variação da temperatura em recipientes diversos (moringa de argila não esmaltada, moringa de

argila esmaltada, moringa de alumínio, moringa de vidro) para posterior discussão a respeito das possíveis hipóteses que respondam à pergunta: “Por que a temperatura em cada recipiente possui medidas divergentes?”

Experimentos com uma espiral de papel e uma vela servirão como referência para que os alunos observem o movimento da espiral e percebam a convecção térmica. Bem como a condução térmica por meio de pequenos clips presos à uma barra metálica por meio de parafina, que será aquecida e permitirá a compreensão da condução térmica.

Após esses experimentos os alunos farão, no ateliê, uma aula específica para aprendizagem de alguns dos processos de modelagem em argila e posterior queima. Nesse momento, todos os conhecimentos obtidos nas experimentações anteriores serão observados no forno elétrico, utilizado para a queima e que atingirá uma temperatura de aproximadamente 900 °C, sendo aferida com um termômetro a laser, a uma distância segura.

### **Módulo 3 – Esmaltação e vitrificação**



*Aula de esmaltação no Ateliê*

A etapa dedicada à esmaltação cerâmica aprofunda a compreensão dos estudantes sobre os fenômenos térmicos, estruturais e eletrônicos envolvidos na formação da camada vítrea. Inicialmente, são apresentados os componentes do esmalte — vidrados, fundentes e óxidos metálicos — permitindo observar que a cor do material cru não corresponde necessariamente à cor final obtida após a queima. Essa diferença é explicada pelas transformações químicas e eletrônicas que ocorrem em altas temperaturas.

Durante o aquecimento do forno, o esmalte passa por processos sucessivos de desidratação, decomposição, fusão e posterior solidificação controlada. Esses fenômenos possibilitam discutir mudança de estado, transferência de calor e reorganização molecular, relacionando diretamente a Termodinâmica aos resultados visuais observados nas peças. A comparação entre superfícies brilhantes, foscas ou opacas evidência como a temperatura, o tempo de maturação e a taxa de resfriamento influenciam a formação do vidro cerâmico.

Os estudantes produzem relatórios, desenhos científicos, registros fotográficos e painéis explicativos.

#### 4. Metodologia Investigativa

A etapa final da proposta é dedicada à construção e comunicação dos modelos explicativos elaborados pelos estudantes ao longo das investigações. Após vivenciarem experimentos de queima, análises de esmaltação e estudos sobre transformação da matéria, os alunos organizam suas observações, selecionam evidências e sistematizam suas conclusões. Essa síntese resulta na produção de relatórios, registros gráficos, comparações fotográficas e esquemas conceituais que explicam, com base científica, os fenômenos observados nas peças cerâmicas.

Nessa fase, a argumentação ganha centralidade: os estudantes justificam suas hipóteses, defendem interpretações e relacionam suas explicações aos conceitos de Termodinâmica e estrutura da matéria trabalhados anteriormente. A comunicação dos resultados ocorre por meio de seminários, rodas de discussão e apresentação de painéis, fortalecendo a capacidade de explicar, dialogar e socializar o conhecimento produzido. Assim, essa etapa consolida a aprendizagem investigativa e valoriza a autoria dos estudantes na construção de modelos científicos significativos.



Primeira queima à 900 °C



Segunda queima (esmaltação) à 1200 °C

A proposta segue etapas inspiradas em Carvalho (2018), como:

Problematização: por que peças trincam? por que alteram cor? por que alguns esmaltes brilham e outros não?

Formulação de hipóteses: estudantes discutem causas possíveis.

Experimentação: testes de secagem, queima progressiva, esmaltação e análise dos resultados.

Modelização: construção de explicações térmicas, energéticas e estruturais.

Socialização: seminários, relatórios e produções artísticas-científicas.

Baseada em Luckesi, com foco na avaliação diagnóstica, formativa e contínua. Os instrumentos incluem: diários de bordo; mapas conceituais; produções cerâmicas; explicações orais e escritas; resolução de problemas investigativos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Produto Educacional desenvolvido demonstra que o ensino de Termodinâmica pode tornar-se mais significativo quando inserido em práticas culturais, históricas e materiais que fazem parte da vida cotidiana dos estudantes, como o trabalho cerâmico. Ao aproximar o estudo da ciência dos modos de fazer e produzir presentes na história humana, cria-se um ambiente fértil para a compreensão de que a ciência é uma forma de interpretar o mundo, agir sobre ele e transformá-lo. Nesse sentido, a



*Encerramento da atividade de modelagem no ateliê.*

cerâmica, por envolver processos físicos e químicos concretos, oferece um contexto privilegiado para o desenvolvimento de explicações, a construção de modelos e a tomada de decisões fundamentadas — dimensões essenciais da alfabetização científica.

A proposta evidencia que os argumentos construídos pelos estudantes desempenham papel central na aprendizagem. Ao analisar fenômenos reais, como trincas, mudanças de cor, variações de textura e comportamentos térmicos do esmalte, os alunos são desafiados a justificar suas hipóteses, selecionar evidências, organizar ideias e fundamentar suas conclusões. A argumentação torna-se, assim, não apenas um recurso didático, mas um indicador da capacidade dos estudantes de mobilizar conceitos científicos e compreender a função social da ciência na interpretação e solução de problemas.

No decorrer da pesquisa, os turnos de fala dos estudantes serão analisados sistematicamente, buscando identificar como evoluem suas explicações, suas estratégias discursivas e a qualidade dos argumentos produzidos. Essa análise permitirá observar mudanças na estrutura, na coerência e na profundidade conceitual presentes em suas falas, revelando indícios de desenvolvimento da competência argumentativa. A evolução desses argumentos — considerando tanto os aspectos científicos quanto a função social desses conhecimentos na cultura e na vida comunitária — será utilizada como traço de evidência do letramento científico, entendido aqui como a capacidade de compreender, comunicar e utilizar conhecimentos científicos para interpretar fenômenos e participar criticamente da sociedade.

Com isso, conclui-se que a integração entre cultura, prática artesanal e investigação científica amplia as possibilidades do ensino de Física no Ensino Fundamental. Os estudantes aprendem ciência não apenas como um conjunto de conceitos abstratos, mas como parte constitutiva da história humana, das práticas sociais e da construção coletiva de conhecimento. A cerâmica, enquanto ambiente investigativo, promove curiosidade, autoria, interpretação crítica e rigor argumentativo, configurando-se como uma potente via para a formação de sujeitos cientificamente

alfabetizados e capazes de compreender o papel da ciência na cultura, na sociedade e na vida cotidiana.

## AGRADECIMENTOS

Em especial agradeço ao professor de História Sávio Gontijo, a professora de Química Suellen de Oliveira Pereira e ao professor de Arte Luciano José Pinto de Alvarenga. Todos foram extremamente importantes para o bom desenvolvimento desse projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**CARVALHO, A. M. P. (Org.).** Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

**CARVALHO, A. M. P.** Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas. In: LONGHINI, M. D. (Org.). O uno e o diverso na educação. Uberlândia: EDUFU, 2011. p. 51–74.

**CARVALHO, A. M. P. et al.** Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por projetos. São Paulo: T. A. Queiroz, 1998.

**FOUREZ, G.** Alphabétisation scientifique et technique: essai sur les finalités de l'enseignement des sciences. Bruxelas: De Boeck Université, 1994.

**HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.** Fundamentos de Física – Vol. 2: Termodinâmica e Ondas. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

**LUCKESI, C. C.** Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

**NEHRING, A.; SILVA, L.; PIETROCOLA, M.** Ilhas interdisciplinares de racionalidade: reflexões para a prática docente. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 411–435, 2008.

**SASSERON, L. H.** Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49–67, 2015.

**SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P.** Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97–114, 2011.