

ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE FUNÇÃO: DESAFIOS E REVELAÇÕES EM UMA PESQUISA ENVOLVENDO CONSTRUÇÃO DE SABER DOCENTE INTERDISCIPLINAR

***Teaching and learning the concept of function: challenges and revelations
in a research dealing with the construction of interdisciplinary teaching
knowledge***

Ophelio Walkyrio de Castro Walvy - [ophelio.walvy@ifrj.edu.br]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ)
Campus Rio de Janeiro
Rua Senador Furtado, 121-125, CEP: 20270 – 021 Maracanã, Rio de Janeiro, RJ*

RESUMO

O presente artigo destaca – através de um trabalho interdisciplinar realizado por dois professores-pesquisadores – como a construção do conceito de função, por parte de professores de Matemática do ensino médio, junto com seus alunos, em sala de aula, nem sempre implica a apreensão desse conceito. Este estudo foi realizado pelos professores de Matemática e de Física de uma turma em comum no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), onde, através do resgate de uma técnica conhecida como Termogravimetria, foi possível aplicar uma atividade experimental em uma aula laboratorial didática. Essa aula possibilitou o estabelecimento de relações interativas interdisciplinares entre esses professores, que interagiram também com os alunos da turma em comum. A pesquisa-ação, metodologia utilizada neste trabalho, contribuiu para a obtenção de conclusões significativas para este estudo.

PALAVRAS-CHAVE: ensino-aprendizagem; conceito de função; ensino de matemática, física e química; interdisciplinaridade; termogravimetria.

ABSTRACT

This article highlights – by means of an interdisciplinary work performed by two teachers-researchers – that the construction of the concept of function made by high school Mathematics teachers along with their students in the classroom does not always imply the understanding of this concept. This study was conducted by professors of Mathematics and Physics of a common class at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), where through the rescue of a technique known as thermogravimetry, it was possible to apply an experimental

activity in a practical laboratory class. This lesson enabled interactive interdisciplinary relations between these teachers, who also interacted with the students. Action research, the methodology used in this work, contributed to the achievement of significant findings in this study.

KEYWORDS: *teaching and learning; the concept of function; teaching of Mathematics, Physics and Chemistry; interdisciplinarity; thermogravimetry.*

INTRODUÇÃO

Na procura por um ambiente didático para a realização de um trabalho interdisciplinar no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ) – que até 2008 era denominado Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis – havia algumas opções para os professores-pesquisadores deste estudo: a sala de aula do professor de Matemática, a sala de aula do professor de Física e uma sala de aula em que os dois professores atuassem conjuntamente. Porém, durante a fase de especulação prévia para a pesquisa, destacou-se, no IFRJ, o laboratório didático como um facilitador para as relações interativas interdisciplinares, pois o laboratório é o melhor lugar para se trabalhar com os alunos conceitos da Física, da Química e da Matemática de forma integrada e para apresentá-los de forma significativa (MOREIRA, 2011; MOURA; MORETTI, 2003; WALVY; QUEIROZ, 2006).

Neste trabalho, desenvolveu-se a relação entre professores, em um mesmo ambiente, para construção de um saber docente interdisciplinar, destacando-se a influência da formação inicial e continuada dos professores envolvidos nesta pesquisa.

Este estudo, que é parte da tese de doutorado do professor de Matemática (autor deste artigo), teve como base empírica a interação entre docentes de disciplinas diferentes durante um trabalho junto a alunos de ensino médio (WALVY, 2008). Nela, procurou-se dar relevância à formação inicial e continuada dos professores e às contingências do trabalho realizado, buscando dimensões relevantes nesse processo e objetivando contribuir para o exercício de investigação sobre um tema ainda desconhecido e pouco vivenciado pelos professores: a construção de saber docente interdisciplinar.

A presente pesquisa procurou sinalizar, inclusive, a importância de uma metodologia de pesquisa-ação (ELLIOTT, 1993; JORDÃO, 2005; MORIN, 2004; SILVA et. al., 2012) para melhor direcionar e alcançar os propósitos de um estudo do tipo apresentado. Procurou, também, mostrar que uma atenção maior voltada para a construção de saberes docentes interdisciplinares pode contribuir favoravelmente para as relações de ensino-aprendizagem, podendo proporcionar melhores resultados em relação não apenas a conteúdos conceituais como aos atitudinais e procedimentais (POZO MUNICIO; GÓMEZ CRESPO, 1998).

Neste trabalho, foram registrados em áudio alguns encontros entre os dois professores, que foram analisados com o objetivo de tornar mais transparente o

processo de construção dos saberes interdisciplinares desses professores-pesquisadores.

Além dos diálogos interativos entre esses professores - principais responsáveis pela construção desse tipo de saber -, pode-se contar com outros profissionais que trouxeram suas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho, e também com a ajuda de uma bibliografia pertinente às ideias do respectivo estudo. Foi possível construir caminhos com direcionamentos melhores dos que já existiam, durante uma ação colaborativa dos principais participantes deste trabalho, e abertura, por parte desses profissionais para mudarem suas práticas pedagógicas em prol de um melhor ensino-aprendizagem.

O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Podemos subdividir o desenvolvimento desta pesquisa – para facilitar a sua compreensão – em 11 encontros (p. 6), nos quais os atores envolvidos foram: o professor de Matemática e o professor de Física de uma turma comum do curso de Biotecnologia do IFRJ (BM 121), a turma comum BM 121 e a professora de pós-graduação do professor de Matemática.

O início deste trabalho deu-se a partir da construção de um questionário (elaborado pelo professor de Matemática) para a realização de uma entrevista semi-estruturada com o professor de Física parceiro deste estudo.

O professor de Física, que já havia aceitado a proposta de um trabalho cooperativo interdisciplinar com o professor de Matemática, concedeu a entrevista (encontro 1) e, em seguida, os dois professores-pesquisadores propuseram o trabalho conjunto para a turma comum BM 121 (encontro 2).

Essa turma era formada por 23 alunos do segundo período do curso integrado (técnico de nível médio) de Biotecnologia e já havia trabalhado com esse mesmo professor de Física no período anterior.

A entrevista realizada nesse primeiro encontro foi gravada em áudio, e os dois professores acordaram, em seguida, que os demais encontros também deveriam ser gravados, para que não houvesse perdas das ideias que, por ventura, pudessem surgir das reflexões conjuntas entre os participantes desta pesquisa.

Objetivando o estabelecimento da visão de Ciência e caminhos metodológicos para Educação em Ciências a serem utilizados nos trabalhos em sala de aula, os dois professores-pesquisadores deram início a um estudo teórico sobre Educação em Ciências.

O professor de Matemática trouxe alguns textos de seus estudos de pós-graduação para servirem como norteadores deste trabalho, gerando reflexões e diálogos mais constantes, entre esses dois atores, sobre o ensino de Física e de Matemática (AGUIAR JR.; FILOCRE, 2002; ARAÚJO; ABIB, 2003; CINDRA; TEIXEIRA, 2004; 2005; REZENDE; OSTERMANN, 2005; SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003; SILVEIRA, 1996; STRATHERN, 2002).

Algumas leituras desses textos foram feitas individualmente e discutidas posteriormente, em conjunto, nos dias acordados pelos dois.

Os demais encontros foram sendo planejados pelos dois professores, e, em dois deles, houve a participação da professora de pós-graduação do professor de Matemática.

No encontro inicial com essa professora (encontro 3), foi sugerido por ela um texto para leitura e reflexão, a ser discutido no encontro seguinte (encontro 4). Ao final do encontro 4, que foi gravado em áudio, novas leituras foram sugeridas aos dois professores-pesquisadores pela professora.

O primeiro texto sugerido gerou controvérsia no momento das discussões entre eles e a professora, quando foram abordados temas relacionados ao empirismo e ao indutivismo (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

A partir dessas discussões e das leituras subsequentes feitas pelos dois professores, começaram a se modificar as visões desses dois pesquisadores sobre esses temas abordados.

Surgiu, então, a proposta de um primeiro trabalho experimental, em laboratório didático, sobre um conteúdo programático que vinha sendo trabalhado pelos alunos e pelo professor de Física. Esse conteúdo fazia parte do contexto da Calorimetria e se tratava do calor sensível.

O primeiro experimento realizou-se no laboratório de Física do IFRJ (encontro 5).

Vinte e um alunos da turma BM121 que estavam presentes, nesse dia, se dirigiram ao laboratório e se distribuíram nas bancadas, formando quatro grupos com quatro alunos e um grupo com cinco. Cada grupo recebeu um texto acompanhado de um roteiro de laboratório para essa aula experimental.

O texto foi construído a partir de um caderno didático elaborado por um grupo de ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria (PORTO et al., 2000), que apresenta definição para calor, temperatura e calor sensível, bem como mostra a equação fundamental da calorimetria.

O roteiro, que foi dividido em duas etapas de trabalho, originou-se a partir de um livro (MAIA, 1963) que traz teoria e aplicações para o tema calorimetria.

Em seguida, houve mais dois encontros (encontros 6 e 7) com os dois professores-pesquisadores (ambos registrados em gravação de áudio), onde o professor de Física fez uma análise em conjunto com o professor de Matemática sobre o primeiro experimento laboratorial realizado com a turma BM 121, comentando sobre a importância de experimentos laboratoriais escolares e de sua elaboração prévia para o aprimoramento do ensino de Ciências e de Matemática. No encontro 7, houve, também, reflexões sobre textos lidos pelos dois professores.

Dando segmento ao respectivo estudo, os professores-pesquisadores procuraram construir um segundo experimento, em laboratório escolar, que incluísse o conteúdo da Física que estava sendo discutido naquele momento em sala de aula,

como também conteúdos da Matemática relevantes e pertinentes aos estudos científicos, inclusive aos da Física. Nesse período, o professor de Física, já trabalhava a definição de calor latente. As mudanças de estado físico participam de forma expressiva desse estudo particular da Calorimetria.

Após algumas reflexões, os professores-pesquisadores chegaram a um consenso de que o segundo experimento em laboratório utilizaria uma técnica conhecida pelo nome de Termogravimetria, já utilizada pelo professor de Física em suas pesquisas no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), e que seriam feitas as adaptações necessárias para seu uso em um ambiente laboratorial escolar.

Podemos definir Termogravimetria ou TG como sendo a técnica na qual a mudança da massa de uma substância é medida em função da temperatura enquanto esta é submetida a uma atmosfera controlada.

Na fase que antecedeu ao segundo experimento laboratorial didático, os dois professores convidaram outros dois professores do IFRJ, um de Física e outro de Química, para formação de novas parcerias, e, desses encontros, surgiram novas colaborações para dois ensaios relacionados com o próximo experimento.

O ensaio que antecedeu à primeira etapa do segundo experimento laboratorial aconteceu no laboratório de Física (encontro 8). Participaram desse encontro os professores de Matemática e de Física da turma BM121 e outro professor de Física do IFRJ. Este último trouxe colaborações para os dois pesquisadores, ao gerar alguns resultados gráficos a partir dos dados obtidos no ensaio realizado pelos dois professores-pesquisadores.

Nesse mesmo dia, os professores concluíram que o novo experimento deveria ser realizado em dois momentos, e a turma dividida em duas partes. Para o primeiro momento (encontro 9), os alunos trabalhariam apenas com a água e, para o segundo, a mistura água com naftaleno, com o intuito de tornar mais visíveis as vantagens da técnica termogravimétrica.

Quanto à participação do professor de Química, destaca-se sua grande colaboração por ter sugerido aos professores-pesquisadores o naftaleno como uma substância viável a ser usada, nesse experimento laboratorial didático, e por ter permitido o acesso desses professores ao laboratório de Química.

Com a estrutura da próxima aula definida, concluiu-se que seria necessário um ambiente laboratorial específico que atendesse às especificidades do planejamento. Dessa forma, foi definido o laboratório de Química Geral do IFRJ para a execução do segundo experimento.

Assim, o ensaio que antecedeu à segunda parte dessa nova experiência realizou-se no laboratório de Química Geral (encontro 10), com a presença apenas dos dois pesquisadores deste estudo.

Visando a um trabalho coletivo afinado com este estudo, foi sugerido pelo professor de Física que os alunos pesquisassem sobre o tema Termogravimetria e apresentassem um trabalho individual como contribuição para a construção da próxima aula no laboratório.

Com esses dados trazidos pelos alunos, foi possível a elaboração pelos professores de um texto de apoio para a segunda aula experimental (encontro 11), configurando-se uma parceria entre professores e alunos.

Os encontros deste estudo estão sinalizados na tabela a seguir:

Quadro 1. Encontros ocorridos durante a pesquisa

ENCONTROS	ATIVIDADE	ATORES ENVOLVIDOS	LOCAL
ENCONTRO 1	ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA COM O PROFESSOR DE FÍSICA	PROFESSOR DE MATEMÁTICA E DE FÍSICA DA TURMA BM 121	SALA DE REUNIÕES DO IFRJ
ENCONTRO 2	PROPOSTA DE TRABALHO CONJUNTO ENTRE OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO E A TURMA BM 121	ALUNOS DA TURMA BM 121 E OS PROFESSORES DE FÍSICA E DE MATEMÁTICA DA TURMA BM 121	SALA DE AULA DA TURMA BM 121
ENCONTRO 3	DISCUSSÕES INICIAIS SOBRE O TRABALHO A SER DESENVOLVIDO DURANTE A PESQUISA	OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO E A ORIENTADORA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA	UERJ
ENCONTRO 4	REFLEXÕES SOBRE TEXTO LIDO PELOS DOIS PROFESSORES	OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO E A ORIENTADORA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA	UERJ
ENCONTRO 5	PRIMEIRO EXPERIMENTO LABORATORIAL DIDÁTICO	ALUNOS DA TURMA BM 121 E OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO	LABORATÓRIO DE FÍSICA DO IFRJ
ENCONTRO 6	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROFESSOR DE FÍSICA SOBRE O 1º EXPERIMENTO	OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES	SALA 411 DO IFRJ
ENCONTRO 7	REFLEXÕES SOBRE TEXTOS LIDOS PELOS DOIS PROFESSORES E SOBRE O 1º EXPERIMENTO REALIZADO	OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES	SALA DE REUNIÕES DO IFRJ

ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE FUNÇÃO...

ENCONTRO 8	ENSAIO PARA REALIZAÇÃO DA 1ª ETAPA DO SEGUNDO EXPERIMENTO LABORATORIAL	OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO E OUTRO PROFESSOR DE FÍSICA DO IFRJ	LABORATÓRIO DE FÍSICA DO IFRJ
ENCONTRO 9	1ª ETAPA DO SEGUNDO EXPERIMENTO LABORATORIAL DIDÁTICO	1ª PARTE DA TURMA BM 121 E OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO	LABORATÓRIO DE QUÍMICA GERAL DO IFRJ
ENCONTRO 10	ENSAIO PARA REALIZAÇÃO DA 2ª ETAPA DO SEGUNDO EXPERIMENTO LABORATORIAL	OS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO	LABORATÓRIO DE QUÍMICA GERAL DO IFRJ
ENCONTRO 11	2ª ETAPA DO SEGUNDO EXPERIMENTO LABORATORIAL DIDÁTICO	2ª PARTE DA TURMA BM 121 E OS DOIS PROFESSORES-PESQUISADORES DESTE ESTUDO	LABORATÓRIO DE QUÍMICA GERAL DO IFRJ

Entre os objetivos desse trabalho final, destacamos: O segundo experimento laboratorial didático, como planejado, foi realizado em duas etapas.

A turma BM121 foi dividida, dessa vez, em duas partes, com o propósito de realizar esse trabalho com um número menor de grupos de alunos dentro do laboratório. Consequentemente, os professores-pesquisadores poderiam dar maior atenção aos grupos, e a proposta do uso da técnica termogravimétrica estaria mais próxima de ser bem sucedida.

Poderíamos, com essa divisão da turma em duas partes, comparar os dois tipos de trabalho realizados, pois, no primeiro, a técnica termogravimétrica seria aplicada apenas sobre massas de água, enquanto que, no segundo momento, sobre massas de uma mistura de água e naftaleno.

Dessa forma, a técnica termogravimétrica tornar – se – ia mais transparente para os alunos bem como algumas das possíveis aplicações dessa técnica estariam mais visíveis para esses jovens estudantes.

O professor de Matemática explicou aos alunos, em ambos os dias, o significado e o porquê de todo esse trabalho que já vinha se desenvolvendo, em conjunto, desde o início do ano letivo. Nessa exposição, os professores de Matemática e de Física apresentaram as parcerias que foram se formando ao longo de todo esse tempo e o roteiro de aula que havia sido elaborado com a contribuição dos próprios alunos da turma.

Foram utilizados para essas apresentações um computador, uma tela e um laser. O texto e o roteiro para essas aulas experimentais foram projetados na tela e também disponibilizados em papel para os alunos, a fim de que eles pudessem fazer

os registros necessários durante o experimento em cujo roteiro havia as seguintes etapas de trabalho:

Etapas 1: Identificação das temperaturas onde a solução tem perdas expressivas.

Etapas 2: Determinação da variação percentual de massa perdida nessas temperaturas.

Foram especificados os materiais a serem utilizados e os procedimentos da aula experimental. Uma tabela foi fornecida com os espaços necessários para registros das medições que deveriam ser feitas pelos alunos durante o experimento laboratorial didático.

Em seguida, os dados obtidos pelos estudantes deveriam ser alocados em uma planilha previamente preparada pelos professores, gerando curvas de análise termogravimétrica (TGA) e de sua derivada (DTG).

Uma memória de cálculos que apresenta a expressão matemática para se obter a velocidade de perda de massa de um material, em função da temperatura, também foi fornecida aos alunos.

O material comum utilizado, durante as duas etapas do segundo experimento, era composto de bico de Bunsen, balança, tripé de ferro, tela de amianto, cronômetro, cadinho, pinça, termômetro graduado em graus Celsius, suporte universal e garra.

No segundo momento, acrescentaram-se o multímetro e o termopar, além do material já descrito.

No primeiro dia, as massas a serem medidas eram apenas de um determinado volume de água destilada, e toda a experiência laboratorial foi realizada nas bancadas. Já no segundo momento, pelo fato de as massas medidas terem sido de uma mistura de água destilada com naftaleno, os aquecimentos dessas misturas foram realizados nas duas capelas existentes no laboratório de Química Geral. Isto foi necessário pelo fato do naftaleno ser tóxico, não podendo ser inalado.

Os procedimentos a serem seguidos, nesse experimento laboratorial didático, eram os seguintes:

- A solução (ou mistura) é colocada no cadinho, registrando-se, em seguida, a massa inicial (m_0) e a temperatura inicial (t_0).
- Inicia-se o aquecimento e a tomada de tempo, a temperatura e a perda de massa.
- Após uma determinada variação de temperatura (para esses dois experimentos a variação ficou numa faixa compreendida entre 5°C e 15°C), determinam-se a massa m_1 e a temperatura t_1 .
- Repetir esse processo até os 100°C (esse valor limite de temperatura pode variar dependendo do caso. No primeiro momento desse experimento, como os alunos estavam trabalhando apenas com a água, a temperatura limite para o

aquecimento deveria ser de 100° C. Já no segundo momento, com a presença do naftaleno, esse valor limite poderia sofrer variação de acordo com as propriedades físico-químicas dessa substância).

- Os dados de temperatura, massa e tempo são cuidadosamente registrados. Posteriormente esses dados são colocados em uma planilha previamente preparada para alocar os dados e fornecer os gráficos de variação de massa com a temperatura.

- Os resultados são apresentados através da curva termogravimétrica (TGA) e de sua derivada (DTG).

Como trabalho final, os alunos deveriam apresentar seus relatórios, suas conclusões dos respectivos experimentos, as planilhas preenchidas com os dados obtidos e as curvas (TGA e DTG) solicitadas pelos professores.

- Analisar o grau de compreensão dos alunos em relação aos conceitos envolvidos nesse trabalho interdisciplinar, avaliando a interferência da apresentação diferenciada em comparação com a maneira isolada em uma disciplina.
- Analisar como os alunos avaliaram o uso da técnica termogravimétrica no experimento laboratorial didático.
- Desenvolver, nos grupos formados pelos estudantes, um contínuo espírito de trabalho colaborativo.
- Permitir que os alunos (junto aos professores) conheçam e explorem aplicativos da informática.

No desenvolvimento deste estudo, revelaram-se conceitos matemáticos e físicos que foram facilitadores para o aproveitamento dessa aula experimental didática.

Na Matemática, encontramos as operações aritméticas básicas, o conceito de função e sua representação gráfica, o conceito de intervalo e noções básicas de proporcionalidade.

Na Física, tratou-se dos seguintes temas: quantidade de calor (energia térmica em trânsito), calor sensível (a equação da Calorimetria e a medida da quantidade de calor), trocas de calor, calor latente (mudança da estrutura ou estado de agregação das moléculas) e curvas de aquecimento e resfriamento.

Constatou-se a presença marcante da Matemática para o ensino de Física. As estruturas matemáticas ligadas à Física formam um corpo interdisciplinar com essa área do conhecimento que, juntamente com a Química, exerceram importante papel neste estudo.

No desenvolvimento desta pesquisa, houve necessidade de os alunos compreenderem as relações matemáticas enfatizadas nas funções e se familiarizarem com a construção de seus respectivos gráficos.

As noções de limite de uma função e de sua derivada foram trabalhadas em conjunto nesse experimento laboratorial, resgatando-se previamente esses conceitos da Matemática, sem nenhum comprometimento com futuros estudos desses mesmos conceitos matemáticos. Objetivou-se apresentar a esses alunos conteúdos matemáticos e físicos com significado.

Neste trabalho procurou-se, também, dar significado à ideia de taxa de crescimento antes mesmo que os alunos tenham contato com o conceito de diferenciação de uma função.

ANÁLISES DOS EXPERIMENTOS

O segundo experimento laboratorial didático – os relatórios dos alunos da turma BM 121 - grupos do primeiro e do segundo momento.

No segundo experimento laboratorial didático, ficou acordado entre os professores de Física e de Matemática e seus alunos que a entrega dos relatórios seria feita eletronicamente com o envio de e-mails aos dois professores simultaneamente.

Os dois professores da turma - o de Física e o de Matemática - analisaram esses relatórios, e os pareceres sobre eles foram dados aos alunos, no período letivo seguinte, em uma das aulas do professor de Matemática (gravada em áudio), que foi porta-voz desses pareceres.

Nesse momento, o professor de Matemática que continuou a trabalhar com a mesma turma pode dialogar com seus alunos sobre os resultados apresentados nesses relatórios.

Os professores-pesquisadores nomearam esses cinco relatórios utilizando as letras A, B, C, D e E.

As análises dos relatórios salientaram o seguinte:

- Todos os relatórios apresentaram incorreções nos resultados gráficos. A planilha do Excel, que serviu de exemplo e que foi enviada aos alunos pelo professor de Física, era formada por colunas, e cada coluna formada por linhas a serem preenchidas com os dados obtidos no experimento. Algumas dessas colunas (as que pediam o cálculo da diferença percentual) exigiam um determinado conhecimento estatístico para seu correto preenchimento, e a planilha modelo, por si só, não foi o bastante para dar aos alunos a clareza de seu correto preenchimento.

- Mesmo com essas incorreções, os gráficos gerados pelos alunos tinham coerência em muitos de seus aspectos, pois os valores registrados na planilha, a partir de dados obtidos no laboratório didático, eram bastante satisfatórios.

- Os grupos A e D (um de cada momento dessa experiência) preencheram incorretamente a coluna “variação de massa”, pois, se havia perda de quantidade de massa, essas variações deveriam ser negativas e não positivas, como foi apresentado por esses dois grupos.

- O grupo B registrou, incorretamente, o valor inicial da massa da substância, gerando ainda mais erros.

- O grupo B apresentou inconsistência na redação de suas conclusões, pois o conceito de calor latente foi duas vezes empregado de forma incorreta.

- Os grupos que trabalharam somente com a água (A, B e C) não foram atentos o suficiente para perceberem que o texto apresentado pelo professor exemplificando o uso da planilha do Excel era de uma experiência diferenciada, que continha, além da água, sulfato de manganês e alumínio. Mesmo assim, deram como título para seus gráficos a mesma informação daquele exemplo.

- O grupo D mostrou atenção à fala do professor de Matemática, utilizando, na redação de sua conclusão, ideias apontadas por esse professor, que correspondiam aos pontos de inflexão dos gráficos apresentados. Mas, por descuido, os alunos cometeram erro de digitação.

- O grupo C, acertadamente, registrou os problemas que enfrentou durante a sua aula experimental; entre eles, a distância de sua bancada até a balança que foi utilizada para medições e as perdas substanciais de energia durante o trajeto de cada aluno até a respectiva balança. Além disso, um dos termômetros utilizado por esse grupo apresentou problemas ao final da experiência, deixando os alunos inseguros. Os professores procuraram tranquilizá-los, deixando claro que experimentos laboratoriais estão sempre sujeitos a imprevistos.

- Constatou-se que houve dedicação dos alunos na elaboração dos relatórios desse segundo experimento e espírito de colaboração entre eles.

- A forma de envio dos resultados dos alunos (eletronicamente) aproximou ainda mais os professores de seus alunos.

Os dados obtidos pelos alunos no laboratório, durante os experimentos, foram utilizados pelos professores-pesquisadores para obtenção dos gráficos esperados e foram comparados com os que os alunos apresentaram. Essas comparações foram também apresentadas aos alunos pelo professor de Matemática.

Os dados obtidos pelos professores durante o ensaio que realizaram no laboratório de Química Geral geraram outro gráfico, que foi incluído junto com os dos alunos para comparação. Os gráficos foram associados a outros dados relativos à segunda parte desse experimento (com o uso do naftaleno) gerando um texto informativo, a título de finalização.

ANÁLISES E CONCLUSÕES DA PESQUISA ENVOLVENDO O CONCEITO DE FUNÇÃO

Após o segundo experimento laboratorial didático realizado no laboratório de Química Geral do IFRJ, os professores procuraram analisar os trabalhos dos dois grupos formados em cada uma das etapas. Alguns resultados que chamaram particular atenção referem-se aos gráficos das análises termogravimétricas da água e da mistura água com naftaleno.

A presente pesquisa não tem como objetivo analisar a maneira como o conceito "função" é apresentado e definido pelos professores de Matemática, nem como os professores das disciplinas das Ciências da Natureza apresentam seus próprios conceitos, na qual a função matemática tem papel estruturante (PIETROCOLA, 2002). Queremos sinalizar que alunos do ensino médio com bons resultados em Matemática nem sempre têm conceitos dessa disciplina apreendidos. No caso dos alunos da turma BM 121, avaliados pelos professores-pesquisadores deste estudo como bons alunos em Matemática, a maioria dos gráficos apresentados por eles revelou falta de compreensão do conceito de função, que já havia sido estudado por eles em período anterior.

Para descrevermos melhor o problema, destacamos, a seguir, o resultado do grupo A, que participou da primeira etapa do segundo experimento laboratorial didático:

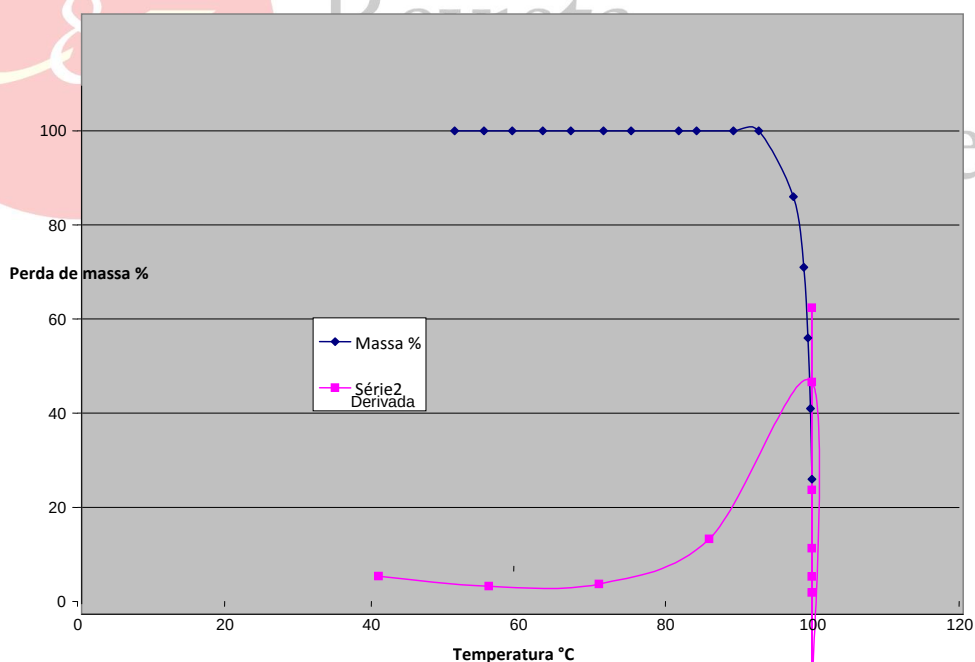


Gráfico 1. Resultados da análise termogravimétrica da água do Grupo A - Volatização H₂O

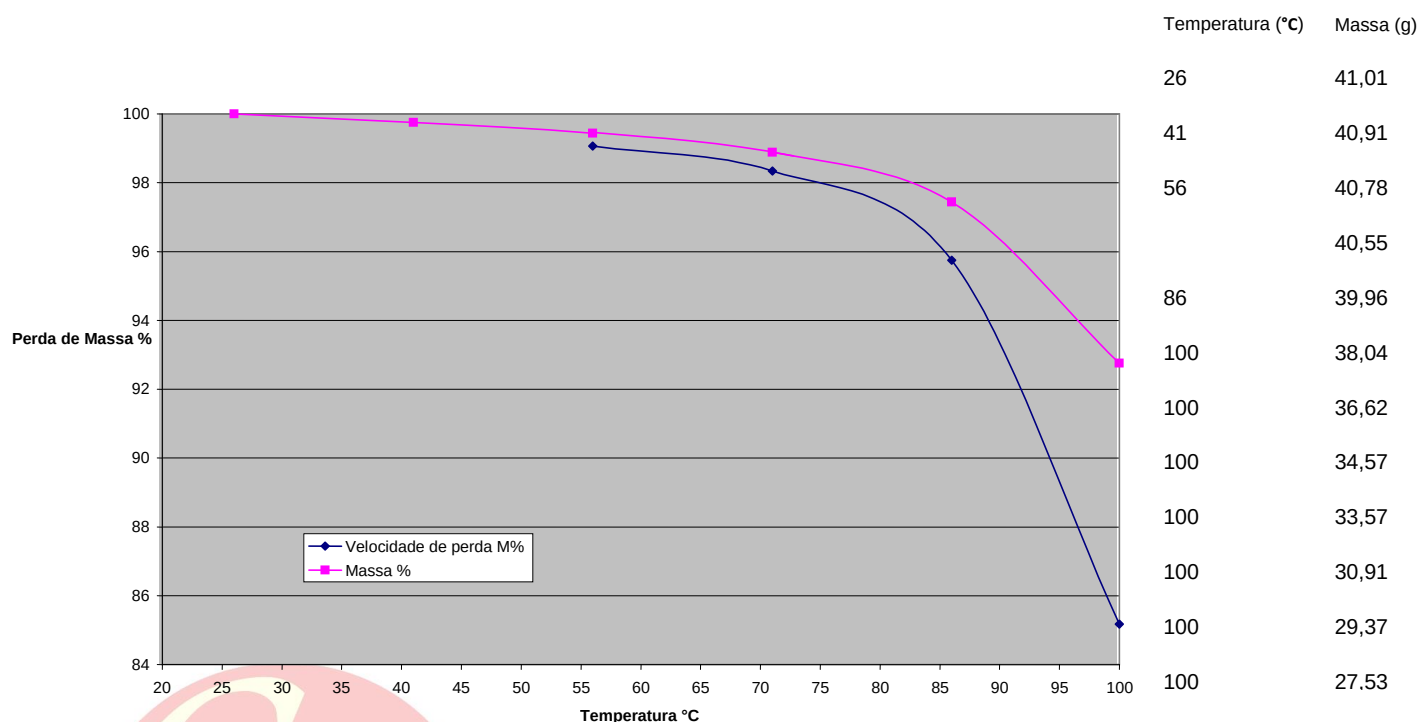


Gráfico 2. Dados do Grupo A na planilha dos professores – Volatização H₂O

Os resultados do grupo A (acima) estão comparados com os resultados obtidos pelos professores (abaixo) a partir da mesma tabela de resultados obtida pelos alunos durante o experimento. Nos registros feitos pelos alunos, encontramos, para a mesma temperatura de 100^o C, diferentes valores para a massa de água. O correto seria registrar apenas um valor de massa de água correspondendo ao instante em que ela chegasse a 100^o C, temperatura em que a água começa a mudar de estado físico, passando do estado líquido para o estado de vapor. Como os alunos fizeram vários registros de massa para o mesmo valor de temperatura (100^o C), no momento da construção do gráfico correspondente a essa tabela, os valores encontrados para a massa de água, após o primeiro registro, deveriam ser desprezados, pois haveria um mesmo valor de temperatura representado no eixo das abscissas, correspondendo a vários valores de massa representados no eixo das ordenadas, o que não representa uma função, já que uma função f é definida como um tipo particular de relação entre conjuntos A e B, se, e somente se, todo elemento de A está associado através de f a um único elemento de B (PAIVA, 2002).

Ao receberem retorno dos resultados de seus trabalhos, muitos alunos se surpreenderam com as observações feitas pelos professores, pois não percebiam que esse conceito matemático não havia sido apreendido por eles. Sinalizamos que a construção do gráfico solicitado aos alunos pelos professores representou um problema a ser resolvido pelos alunos. Na realidade, observa-se que o entendimento do conceito de função *não foi bem construído pelos alunos, e a constatação desse fato se deu no momento da resolução do problema* (KALIL, 2006).

Muitas dificuldades que os alunos demonstram para construir conceitos matemáticos e conceitos científicos devem-se ao fato de esses conceitos serem apresentados sem significado e não contextualizados aos alunos. Na Matemática e na Física,

percebemos a proximidade entre essas duas disciplinas em particular e a necessidade de integrá-las ainda no ensino médio, quando é basicamente apresentada a Física aos alunos, já que no ensino fundamental ela se mostra ainda numa ótica puramente conceitual, com pouco ou nenhum momento de intervenção matemática (ibid., p. 4).

Constatamos, portanto, que o conceito de função não havia sido construído de forma correta pelos alunos da BM 121, e essa revelação surpreendeu não só a eles, como também aos professores-pesquisadores, que os consideravam bons em Matemática. Esse dado novo na pesquisa veio somar-se a outros, mostrando que a construção de saber docente interdisciplinar relativo a uma metodologia apropriada ao conceito de função a ser compartilhada pela Física e pela Matemática pode ser um caminho facilitador para o ensino-aprendizagem desse conteúdo matemático.

CONCLUSÕES SOBRE O TRABALHO LABORATORIAL DESENVOLVIDO PELOS PROFESSORES-PESQUISADORES

Com relação às aulas laboratoriais desta pesquisa, a presença do tema novo (Termogravimetria) nesse experimento fez com que o trabalho ainda se apresentasse rígido, pois os alunos eram conduzidos através de roteiros já pré-estabelecidos pelos professores. Por outro lado, houve ganhos entre o primeiro e o segundo experimento laboratorial, entre os quais destacamos:

- O trabalho laboratorial didático foi desenvolvido de uma maneira diferente da tradicional, levando os alunos a perceberem alguma aplicabilidade dos conceitos físicos no dia a dia de um laboratório de pesquisa.
- A técnica termogravimétrica, utilizada no segundo experimento, permitiu um trabalho que incorporou conceitos da Física, da Matemática e da Química.
- A técnica termogravimétrica permitiu que fossem explorados aplicativos da informática, levando os alunos e os professores a conhecerem um pouco mais esses aplicativos.
- Com a divisão da turma em dois grupos, o tempo destinado a cada um foi maior e, conseqüentemente, houve mais tempo para que os professores se dedicassem a cada um dos alunos.
- Apesar da presença de um roteiro nesse segundo experimento, a participação dos alunos na construção deste aproximou alunos e professores.

Durante todo este estudo, os professores-pesquisadores procuraram, a cada encontro entre eles e os alunos, a cada leitura discutida em conjunto e a cada experiência realizada, aprimorar o trabalho de pesquisa-ação, buscando alternativas para melhoria da qualidade do ensino-aprendizagem da Física, da Matemática e das Ciências de uma maneira geral.

Sabendo-se que a Matemática é um estruturante para formação de conceitos físicos, concluiu-se que o segundo trabalho experimental, cujo tema girava em torno das aplicações da Calorimetria e que se concretizou através do uso da técnica termogravimétrica, mereceria um plano de aula para a Física Experimental, não apenas como norteador de passos a serem dados durante o processo dessa aula experimental didática, mas como um plano que trouxesse sugestões para um trabalho interdisciplinar.

A intenção deste estudo é que haja uma reflexão sobre essa proposta, objetivando inovações para o currículo escolar do ensino médio e contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino-aprendizagem de uma maneira geral.

O ambiente do IFRJ, onde o ensino é integrado, com o nível médio e o técnico se desenvolvendo simultaneamente, foi um facilitador para que a pesquisa pudesse acontecer, mas acreditamos que esta proposta de trabalho, com a colaboração de disciplinas que compartilhem um mesmo ideal, possa se realizar em outras esferas escolares.

As aulas laboratoriais didáticas que utilizaram a técnica termogravimétrica, e que foram vídeogravadas, sinalizaram ser possível um trabalho interdisciplinar, no qual professores e alunos contribuíram de alguma forma para que a experiência fosse bem sucedida.

A realização desta pesquisa-ação deveu-se ao fato de que todos os atores envolvidos neste estudo procuraram contribuir espontaneamente, cada um dentro de suas possibilidades e limitações.

Para que um trabalho colaborativo, entre professores de diferentes disciplinas (em um mesmo ambiente escolar) realize-se, é fundamental que haja envolvimento deles, e o saber docente construído pelos envolvidos, durante suas vidas profissionais, estará presente durante as interações com outros colegas para o desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares na escola, pois o saber profissional de cada um dos envolvidos *está, de um certo modo, na confluência entre várias fontes de saberes provenientes da história de vida individual, da sociedade, da instituição escolar, dos outros atores educativos, dos lugares de formação, etc.* (TARDIF, 2002, p.64).

Nesta pesquisa, o laboratório didático aproximou as disciplinas Matemática e Física e foi um espaço que favoreceu o trabalho de construção de saberes docentes interdisciplinares.

REFERÊNCIAS

AGUIAR JR, O. ; FILOCRE, J. O planejamento do ensino a partir de um modelo para mudanças cognitivas: um exemplo na Física Térmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n.3, 314-340, 2002.

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2,176-194, 2003.

CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. A evolução das idéias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.22, n.3, 364-378, 2005.

_____. Uma discussão conceitual para o equilíbrio térmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n.2, 176-193, 2004.

ELLIOTT, J. **El cambio educativo desde la investigación-acción**. Madrid: Morata, 1993.

JORDÃO, R. **Tutoria e pesquisa-ação no estágio supervisionado**: contribuições para a formação de professores de Biologia. 351 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

KALIL, C. A. F. F. Concepções interfaciais no processo ensino/aprendizagem da Matemática e da Física no ensino médio. **Educação Matemática em Revista**. SBEM, ano 13, n. 23, 2006.

MAIA, L. P. M. A Calorimetria. In: **Calor e Acústica**. Rio de Janeiro: Latino Americana, 1963, p. 45-55.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v1(3), p. 25-46, 2011.

MORIN, A. **Pesquisa-ação integral e sistêmica**. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.

MOURA, M. O. ; MORETTI, V. D. Investigando a aprendizagem do conceito de função a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p.67-82, 2003.

PAIVA, M. R. **Matemática**: conceitos, linguagens e aplicações. São Paulo: Moderna, 2002.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, 93-114, 2002.

PORTO, A. V. L.; FIGUEIREDO, D. B.; DENARDIN, J. C.; PALANDI, J.; MAGNO, P. R. **Física do Calor**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

POZO MUNICIO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico**. Madri: Ediciones Morata, S. L., 1998.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa de Física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.22, n.3,316-337, 2005.

ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE FUNÇÃO...

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis ,v.20, n.1, 30-42, 2003.

SILVA, et al. A pesquisa-ação, na prática docente na disciplina Introdução ao Ensino de Biologia do Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 71- 92, 2012.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, 219-230, 1996.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir de resultados experimentais". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, número especial, 7-27, 2002.

STRATHERN, P. O grande mistério do flogístico. In: Strathern, P. **O sonho de Mendeleiev**: a verdadeira história da química. (p. 175-193). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

WALVY, O. **Construindo saber docente interdisciplinar**: a termogravimetria em um laboratório didático. 231f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

WALVY, O. ; QUEIROZ, G. Aprendizagem com significado. In: NARDI, R.; BORGES, O. (Orgs.) Atas do V **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: ABRAPEC, 2006. CD-ROM.