



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE EDUCAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E
TECNOLÓGICA

CURSO DE DOUTORADO

CAMILA MENDONÇA MORAIS

**O MODELO DA METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL NO ENSINO
TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO: um olhar interdisciplinar para o ensino da
matemática**

Recife

2021

CAMILA MENDONÇA MORAIS

**O MODELO DA METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL NO ENSINO
TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO: um olhar interdisciplinar para o ensino da
matemática**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica do Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de doutora em Educação Matemática e Tecnológica.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (UFPE).

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rosilângela Maria de Lucena Scanoni Couto.

Recife

2021

Catálogo na fonte
Bibliotecário Danilo Leão, CRB-4/2213

M828m Morais, Camila Mendonça.
 O modelo da metaorquestração instrumental no ensino técnico integrado ao médio: um olhar interdisciplinar para o ensino da matemática / Camila Mendonça Morais. – Recife, 2021.
 243 f. : il.

 Orientadora: Verônica Gitirana Gomes Ferreira.
 Coorientadora: Rosilângela Maria de Lucena Scanoni Couto.

 Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CE. Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica, 2021.
 Inclui Referências.

 1. Educação profissional. 2. Formação docente. 3. Interdisciplinaridade. 4. UFPE - Pós-graduação. I. Ferreira, Verônica Gitirana Gomes. (Orientadora). II. Couto, Rosilângela Maria de Lucena Scanoni. (Coorientadora). III. Título.

510.7 (23. ed.) UFPE (CE2022-020)

CAMILA MENDONÇA MORAIS

**O MODELO DA METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL NO ENSINO
TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO: um olhar interdisciplinar para o ensino da
matemática**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica do Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de doutora em Educação Matemática e Tecnológica.

Aprovada em: 03/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Prof^ª. Dr^ª. Rosilângela Maria de Lucena Scanoni Couto (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Prof^ª. Dr^ª. Lícia de Souza Leão Maia (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Prof. Dr. Jadilson Ramos de Almeida (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Prof. Dr. Luc Trouche (Examinador Externo)
École Nationale Supérieure de Lyon – França

Prof^ª. Dr^ª. Manuelle Regina Tavares de Oliveira (Examinadora Externa)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Brasil

Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu marido, Guilherme, e ao nosso filho, Daniel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Dolores e Carlos, e aos meus avós, Manoel e Lourdes, que sempre me fizeram acreditar em meu potencial e nunca mediram esforços para priorizar minha educação.

Ao meu marido, Guilherme, por ter me incentivado e inspirado todas as vezes que precisei, pelas palavras de apoio e carinho, por ser sempre compreensivo e por ter me ajudado, sem hesitar, no que fosse necessário.

Ao nosso filho, Daniel, que nasceu ao longo desta jornada e se tornou um constante estímulo para eu percorrê-la até o final, sem nunca pensar em desistir.

À minha orientadora, Profa. Dra. Verônica Gitirana, que desde o início acreditou na minha capacidade. Pela demasiada compreensão em todos os momentos difíceis que enfrentei, pela paciência de esperar o meu tempo de aprendizado em cada etapa deste trabalho, pelos constantes ensinamentos e conhecimentos compartilhados. À minha coorientadora, Profa. Dra. Rosilângela Lucena, que se juntou a nós cheia de gás, sempre solícita, compreensiva, paciente, e me impulsionando a dar o meu melhor. Sou muito grata às duas por terem me acompanhado neste trajeto.

A minhas irmãs, avós, sogros, padrasto, cunhados, amigos, a toda minha família e rede de apoio, em geral, pois sempre estiveram presentes me estimulando, e, de alguma forma, aliviaram minha sobrecarga.

A minha tia Karina, que, além de ser exemplo, me incentivou a seguir a carreira acadêmica e a ingressar neste programa, me auxiliando nos momentos mais críticos, sempre me julgando capaz.

Agradeço ao IFPE campus Garanhuns, instituição onde esta pesquisa foi desenvolvida, por me conceder horário especial e posteriormente afastamento integral das minhas atividades, e por disponibilizar sua infraestrutura sempre que solicitei. Pela colaboração dos docentes colegas de profissão, em particular ao professor Wilker, quem muito contribuiu com minha pesquisa, e aos demais professores que participaram das formações que ministrei.

Aos membros da Banca Examinadora, pelos enriquecedores ensinamentos e contribuições, e pela gentileza ao fazer cada consideração.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica, por ter me acolhido; a todos os professores pelos ensinamentos compartilhados; aos funcionários pela cordialidade e presteza; aos meus colegas de turma, por dividirem comigo os momentos de

aprendizado, frustrações, e lazer, especialmente aos amigos Valdirene, Josiane e Gustavo, que tornaram cada passo dessa caminhada bem mais leve.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente com a conclusão deste trabalho, muito obrigada!

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

RESUMO

Esta pesquisa objetiva construir e analisar uma Metaorquestração Instrumental (MOI) destinada à formação de professores do Ensino Técnico Integrado ao Médio, em uma perspectiva interdisciplinar. Para tanto, utilizou-se como lócus de ensino o IFPE campus Garanhuns, e seu curso técnico em Eletroeletrônica, na modalidade de ensino integrado. A investigação foi organizada em três etapas: um estudo inicial; uma formação para professores do ensino técnico; e a elaboração e teste de uma MOI interdisciplinar, desenvolvida como um aperfeiçoamento da primeira formação. O primeiro estudo levantou as possibilidades de integração entre recursos da Matemática e de disciplinas técnicas do curso em questão, a partir de uma análise da distribuição de conteúdo matemático nas respectivas disciplinas e de temáticas e artefatos técnicos do curso profissional passíveis de integração. Os resultados mostraram três disciplinas a serem analisadas, o que resultou em nove propostas interdisciplinares. Com base em uma dessas propostas, o segundo estudo elaborou e testou um modelo de formação interdisciplinar – com utilização do Modelo da Orquestração Instrumental (OI) – voltado a professores do ensino técnico, vivenciado presencialmente por docentes das áreas de matemática e eletroeletrônica. Os resultados revelaram a necessidade de uma nova formação, com o objetivo de atender às demandas de integração e interdisciplinaridade referentes ao ensino integrado. Assim, o terceiro estudo consistiu na definição, desenvolvimento e teste de uma MOI Interdisciplinar, que ocorreu de forma on-line com parte dos professores participantes da primeira formação, com objetivo de formá-los para integrar recursos próprios da área profissional e da matemática utilizando OI. A análise da MOI interdisciplinar apontou a viabilidade do uso do modelo no ensino técnico integrado, com algumas adequações. Apesar da resistência por parte dos professores de matemática em adotar a interdisciplinaridade em sua prática comumente tradicional, constatou-se que é possível formar tais profissionais a utilizarem OI para o ensino interdisciplinar. O central é o desenvolvimento de uma comunicação apropriada entre docentes de ambas as áreas, auxiliando o professor da outra área na gênese instrumental relativa a sua área. A MOI interdisciplinar proporcionou ao professor de matemática a oportunidade de conhecer temáticas e artefatos do curso técnico, para utilizá-los no ensino da matemática. E ao professor de eletroeletrônica, o desvelamento de barreiras relativo à abordagem de conhecimentos matemáticos no contexto técnico.

Palavras-chave: Orquestração Instrumental. Educação Profissional. Formação docente. Integração de recursos educacionais. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

This research aims to build and analyse an Instrumental Meta-orchestration (IMO) to train professional/secondary integrated education teachers in an interdisciplinary perspective. For this purpose, the IFPE campus Garanhuns and its technical course in Electro-electronics served as the locus of this investigation. It comprised three studies: an initial one, mapping opportunities of interdisciplinarity, a second one investigating mathematics teachers' education for interdisciplinarity, and the elaboration and testing of an interdisciplinary IMO developed to improve the first teachers' education. A survey of integration possibilities between Mathematics contents and technical/professional tools arose from a comparative analysis of the distribution of mathematical content and its need on technical disciplines and an e-formulary, answered by technical teachers about mathematics needs in their courses. In possession of the data obtained, three subjects were analysed, which resulted in nine interdisciplinary proposals. Based on one of these proposals, the second study sought to construct and validate an interdisciplinary Instrumental Orchestration Model (IMO) model experienced by mathematics and electronics teachers. The analysis of the data from this study revealed the need for a new education. At this time, it was aiming for the demands of integration and interdisciplinarity related to integrated teaching. Thus, the third study consisted of the definition, development and testing of an Interdisciplinary IMO, which took place online with part of the teachers participating in the first training. Its objective was to integrate their resources from the professional and mathematics areas, using IO to facilitate student learning. The analysis of the interdisciplinary IMO pointed out the feasibility of using the model in integrated technical education, with some adjustments made. Despite the resistance of mathematics teachers to adopt interdisciplinarity in their practice, it was found that, from the appropriate communication between teachers from both areas, it is possible to train such professionals to use IO for interdisciplinary teaching. The interdisciplinary IMO provided the mathematics teacher with the opportunity to learn about themes and artifacts from the technical course, with the possibility of using them to teach mathematics. And to the electronics teacher, the unveiling of barriers related to the approach to mathematical knowledge in the technical context.

Keywords: Instrumental Orchestration. Professional education. Teacher training. Educational resources integration. Interdisciplinarity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Exemplos de artefatos	32
Figura 2 –	A construção de um instrumento, por um determinado sujeito, a partir de um artefato dado	34
Figura 3 –	A gênese instrumental, como combinação de dois processos duais	35
Figura 4 –	Componentes da orquestração instrumental	39
Figura 5 –	Esquema do modelo da Orquestração Instrumental	39
Figura 6 –	Características do modelo da MOI	42
Figura 7 –	Triângulo de potências	54
Figura 8 –	Exemplo de gráfico da lei de Ohm	65
Figura 9 –	Gráficos para diferentes resistências	66
Figura 10 –	Exemplo de gráfico da lei de Ohm	66
Figura 11 –	Algumas funcionalidades de um multímetro	67
Figura 12 –	Design da formação interdisciplinar	70
Figura 13 –	Design da configuração didática da OI pivot	73
Figura 14 –	Design da configuração didática da OI ₃	82
Figura 15 –	Design da configuração didática da OI ₄ no momento de produção	87
Figura 16 –	Configuração didática da OIp logo após a chegada de M ₄	90
Figura 17 –	Disposição dos sujeitos após chegada de M ₂	91
Figura 18 –	Gráfico desenhado por E ₁ no quadro branco	97
Figura 19 –	Diferentes resistores e seu código de cores	99
Figura 20 –	Docente medindo a resistência de um resistor utilizando multímetro em bancada com aparato isolante	100
Figura 21 –	M ₁ e M ₂ durante a resolução da situação	103
Figura 22 –	Vivência da OI ₂	109
Figura 23 –	Design da MOI interdisciplinar	120
Figura 24 –	Layout do simulador virtual de construção de circuitos elétricos	123
Figura 25 –	Desenho dos artefatos previstos na configuração didática da OIp	124
Figura 26 –	Interface parcial do webdoc interdisciplinar	135
Figura 27 –	Estrutura do webdoc interdisciplinar	136
Figura 28 –	Cenário da OIp on-line	147
Figura 29 –	Representação gráfica corrente x tensão por M ₁	153
Figura 30 –	Representação gráfica corrente x tensão por M ₄	154

Figura 31 –	Construção feita por M_1 como parte da resolução da tarefa 6	160
Figura 32 –	Construção feita por M_4 como parte da resolução da tarefa 6	160
Figura 33 –	Eventos externos do design da MOI interdisciplinar	199
Figura 34 –	Representação de pensamento técnico-interdisciplinar	200

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Distribuição de disciplinas técnicas por ano do curso Técnico em Eletroeletrônica	47
Quadro 2 –	Conteúdos Matemáticos das disciplinas técnicas do 1º ano	49
Quadro 3 –	Conteúdos Matemáticos das disciplinas técnicas do 2º ano	51
Quadro 4 –	Síntese das propostas interdisciplinares	58
Quadro 5 –	Descrição da previsão da sequência de ações por E ₁	74
Quadro 6 –	Síntese das categorias para análise da gênese instrumental na OI _p presencial	76
Quadro 7 –	Índice dos eventos selecionados de E ₁ na OI _p	94
Quadro 8 –	Índice dos eventos selecionados de M ₁ na OI _p	98
Quadro 9 –	Detalhamento de componentes dos esquemas mobilizados por M ₁ na resolução da situação	106
Quadro 10 –	Descrição da previsão da sequência de ações por E ₁	125
Quadro 11 –	Síntese das categorias para análise da gênese instrumental relativa à OI _p on-line	129
Quadro 12 –	Passo a passo para resolução da situação técnico-matemática	156
Quadro 13 –	Componentes dos esquemas mobilizados na resolução da situação por M ₁ e M ₄	163
Quadro 14 –	Etapas da criação de uma OI interdisciplinar	175

LISTA DE ABREVIATURAS

EDUMATEC –	Educação Matemática e Tecnológica
E _n –	Professor de Eletroeletrônica n
F –	Formadora
IFPE –	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
M _n –	Professor de Matemática n
MOI –	Metaorquestração Instrumental
MS –	Metassituação
OI –	Orquestração Instrumental
OI _p –	Orquestração Instrumental Pivot
OI _n –	Orquestração Instrumental n
PDE –	Plano de Desenvolvimento da Educação
PPC –	Projeto Pedagógico do Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Ensino Técnico Integrado e interdisciplinaridade	23
2.2	As noções de situação e esquema	26
2.3	A abordagem instrumental	31
2.3.1	Os conceitos de artefato e instrumento	31
2.3.2	Esquemas de utilização e a Gênese Instrumental	33
2.4	O Modelo da Orquestração Instrumental	36
2.4.1	Definição de situação técnico-matemática	40
2.4.2	Definição de Orquestração Instrumental interdisciplinar	40
2.5	O Modelo da Metaorquestração Instrumental	41
3	METODOLOGIA	45
4	ESTUDO INICIAL – CURRÍCULO, TEMÁTICAS E ARTEFATOS TÉCNICOS	47
4.1	Metodologia do estudo inicial	47
4.2	Apresentação e análise dos resultados – 1º estudo	49
4.3	Conclusões do estudo inicial	59
5	FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR – PRIMEIRA VERSÃO	60
5.1	Inserção x integração de ferramentas tecnológicas como recursos educacionais – Especificidades do Ensino Técnico Integrado	60
5.2	O ensino da Função Afim	62
5.3	Função afim e Lei de Ohm	64
5.4	Metodologia do estudo da formação interdisciplinar	68
5.4.1	Objetivo geral da formação interdisciplinar	68
5.4.2	Sujeitos	68
5.4.3	Design da formação interdisciplinar	69
5.4.4	Detalhamento das OI	70
5.4.4.1	<i>OI pivot presencial</i>	70
5.4.4.1.1	<i>A situação técnico-matemática</i>	71
5.4.4.1.2	<i>Configuração didática da OI pivot presencial</i>	72
5.4.4.1.3	<i>Modo de execução da OI pivot presencial</i>	75

<u>5.4.4.1.4</u>	<u>Análise a priori da OI_p presencial</u>	<u>75</u>
5.4.4.2	OI ₂	80
<u>5.4.4.2.1</u>	<u>A situação de formação</u>	<u>80</u>
<u>5.4.4.2.2</u>	<u>Configuração didática da OI₂</u>	<u>81</u>
<u>5.4.4.2.3</u>	<u>Modo de execução da OI₂</u>	<u>82</u>
<u>5.4.4.2.4</u>	<u>Análise a priori da OI₂</u>	<u>83</u>
5.4.4.3	OI ₃	83
<u>5.4.4.3.1</u>	<u>A situação de formação prática</u>	<u>83</u>
<u>5.4.4.3.2</u>	<u>Configuração didática da OI₃</u>	<u>84</u>
<u>5.4.4.3.3</u>	<u>Modo de execução da OI₃</u>	<u>86</u>
<u>5.4.4.3.4</u>	<u>Análise a priori da OI₃</u>	<u>87</u>
5.5	Análise dos resultados – Formação interdisciplinar	88
5.5.1	Performance didática da OI pivot presencial	89
<u>5.5.1.1</u>	<u>Análise da gênese instrumental de E₁ e M₁ na OI_p presencial</u>	<u>93</u>
<u>5.5.1.1.1</u>	<u>Gênese instrumental de E₁</u>	<u>93</u>
<u>5.5.1.1.2</u>	<u>Gênese instrumental de M₁</u>	<u>97</u>
5.5.2	Performance didática da OI ₂	107
5.5.3	Performance didática da OI ₃	113
5.5.4	Considerações oriundas da análise da formação interdisciplinar	116
6	A MOI INTERDISCIPLINAR	119
6.1	Definição de MOI Interdisciplinar	119
6.2	Metodologia do estudo da MOI Interdisciplinar	119
6.2.1	Objetivo geral da MOI interdisciplinar	119
6.2.2	Sujeitos	119
6.2.3	Design da MOI interdisciplinar	119
6.2.4	Detalhamento das OI interdisciplinares	121
<u>6.2.4.1</u>	<u>OI pivot on-line</u>	<u>121</u>
<u>6.2.4.1.1</u>	<u>A situação técnico-matemática</u>	<u>121</u>
<u>6.2.4.1.2</u>	<u>Configuração didática da OI pivot on-line</u>	<u>122</u>
<u>6.2.4.1.3</u>	<u>Modo de execução da OI pivot on-line</u>	<u>127</u>
<u>6.2.4.1.4</u>	<u>Análise a priori da OI pivot on-line</u>	<u>128</u>
6.2.4.2	OI ₂	132
<u>6.2.4.2.1</u>	<u>A situação de formação</u>	<u>133</u>
<u>6.2.4.1.2</u>	<u>Configuração didática da OI₂</u>	<u>133</u>
<u>6.2.4.1.3</u>	<u>O webdoc interdisciplinar</u>	<u>134</u>

6.2.4.1.4	<i>Modo de execução da OI₂</i>	139
6.2.4.3	<i>OI₃</i>	139
6.2.4.3.1	<i>A situação de formação prática</i>	139
6.2.4.3.2	<i>Configuração didática da OI₃</i>	140
6.2.4.3.3	<i>Modo de execução da OI₃</i>	141
6.2.4.3.4	<i>Análise a priori da OI₃</i>	141
6.2.4.4	<i>OI₄</i>	142
6.2.4.4.1	<i>A situação de formação</i>	142
6.2.4.4.2	<i>Configuração didática da OI₄</i>	143
6.2.4.4.3	<i>Modo de execução da OI₄</i>	144
6.2.4.4.4	<i>Análise a priori da OI₄</i>	145
6.3	Análise dos resultados	145
6.3.1	Performance didática da OI _p on-line	146
6.3.2	Análise das gêneses instrumentais de E1, M1 e M4 relativas à OI _p on-line	159
6.3.3	Performance didática da OI ₂	166
6.3.4	Performance didática da OI ₃	168
6.3.5	Performance didática da OI ₄	180
6.3.6	Metaperformance didática – MOI interdisciplinar	199
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	204
	REFERÊNCIAS	207
	APÊNDICE A – VERSÃO IMPRESSA DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES DE ELETROELETRÔNICA COMO FORMULÁRIO ELETRÔNICO	212
	APÊNDICE B – BANCO DE INFORMAÇÕES	216
	APÊNDICE C – SUGESTÕES DE COMO TRABALHAR	219
	CONTEÚDOS MATEMÁTICOS ASSOCIADOS A TEMÁTICAS TÉCNICAS	
	APÊNDICE D – OFICINA PARA A OI PIVOT	224
	APÊNDICE E – ELABORAÇÃO DE UMA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL	228
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA PREVIAMENTE À OI_p ON-LINE, E SUAS RESPECTIVAS RESPOSTAS	231

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo se insere na discussão do uso do Modelo Teórico da Orquestração Instrumental (OI), de Trouche (2005a), no Ensino Técnico integrado ao Médio, identificando as adequações necessárias a uma abordagem interdisciplinar para o ensino profissional e da matemática nesta modalidade educacional. Por meio do Modelo da Metaorquestração Instrumental (MOI), de Lucena (2018), buscamos olhar a formação de professores de matemática e de eletroeletrônica do ensino técnico, visando a elaboração de orquestrações instrumentais de forma conjunta, com a integração de conteúdos matemáticos e da área de eletroeletrônica.

Uma vez que o ensino profissional é repleto de recursos técnicos e tecnológicos próprios, esta pesquisa surgiu no intuito de integrá-los também ao ensino da matemática, usufruindo do diferencial que esta modalidade educacional pode proporcionar. Acreditamos que a referida integração pode ser fomentada com o suporte do Modelo da OI, posto que se trata de um modelo flexível, inicialmente direcionado ao uso de tecnologias digitais. Para isso, buscamos elaborar e validar uma formação interdisciplinar destinada a professores do ensino técnico, incluindo o professor de matemática.

Como professora de matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – instituição voltada à formação técnica e profissional –, estou inserida em uma realidade de falta de conexão entre a disciplina de matemática (propedêutica do ensino médio) e as especificidades do curso técnico. Esta desconexão é apontada em diversos estudos, realizados em diferentes Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (GONÇALVES; PIRES, 2014; CARVALHO; NACARATO; REINATO, 2016; SANTOS; NUNES; VIANA, 2017), ocorrendo inclusive na modalidade de ensino técnico integrado ao médio, que teoricamente adota a *interdisciplinaridade* como princípio pedagógico e organizador do currículo, e também como metodologia de ensino e aprendizagem (BRASIL, 2014). No presente contexto, consideramos como interdisciplinaridade a integração entre disciplinas gerais e específicas do curso técnico.

Neste cenário, escolhemos um dos cursos profissionais oferecidos no IFPE Garanhuns – campus em que lecionei no decorrer do estudo – como delimitação do nosso campo de pesquisa, a fim de desenvolver um modelo interdisciplinar de formação de professores para elaborar *orquestrações instrumentais* adequadas à integração das especificidades do curso

técnico e dos conteúdos matemáticos. O foco de nosso estudo é a prática docente, como o professor desenvolve e gerencia suas habilidades e conhecimentos no intuito de alcançar esta integração. O curso em questão é o de técnico em Eletroeletrônica, integrado ao ensino médio, cuja escolha será detalhada na metodologia (capítulo 3).

O Modelo da MOI foi desenvolvido para formar professores de matemática a respeito do Modelo da OI, consistindo em uma composição de orquestrações instrumentais. Neste contexto, no decorrer da pesquisa o utilizamos como base para elaborar uma Metaorquestração Instrumental que forme professores de diferentes áreas do ensino técnico para criarem suas próprias OI de forma a articular a matemática ao ensino profissional numa perspectiva interdisciplinar, a partir da reflexão e apropriação dos conceitos que fundamentam a OI e elementos das áreas envolvidas.

Como especificidades do curso, consideramos temáticas da área profissional trabalhadas nas disciplinas técnicas, assim como seus artefatos tecnológicos. Rabardel (1995) define *artefato* como o objeto material ou abstrato por si só, resultante da cultura humana – tal qual uma calculadora ou um software. Ao considerar a ação do sujeito sob o artefato, a maneira que o utiliza e usufrui de suas funcionalidades e potencialidades, este artefato se torna para ele um *instrumento*. Esse processo de transformação de artefato em instrumento para um sujeito é denominado *gênese instrumental* (RABARDEL, 1995).

Por *orquestração instrumental*, Trouche (2005a, p. 126, tradução nossa) entende

o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos.

A nomenclatura do modelo se deve à analogia feita entre uma orquestra e uma sala de aula rica em artefatos. Enquanto em uma orquestra o maestro conduz e orienta os músicos a tocarem uma partitura musical, na sala de aula o professor guia seus estudantes na resolução de situações matemáticas.

Para a realização da presente pesquisa, em um primeiro estudo foi feito o levantamento de algumas possibilidades de integração a partir de um questionário direcionado aos professores das disciplinas técnicas do curso escolhido. Nas respostas ao questionário foram especificados os conteúdos matemáticos demandados em cada disciplina, com sugestões de temáticas e artefatos tecnológicos utilizados para trabalhar tais conteúdos. Após análise destas respostas, foram elaboradas nove propostas de temas interdisciplinares (MORAIS; GITIRANA, 2022). Posteriormente, uma delas foi selecionada para servir como base no desenvolvimento de um

modelo de formação interdisciplinar para professores do ensino técnico, o qual evoluiu para um terceiro estudo: uma MOI interdisciplinar.

O objetivo geral desta pesquisa é discutir o uso e as adequações necessárias ao Modelo da MOI na formação de professores do Ensino Técnico Integrado ao Médio para o ensino matemático e técnico numa perspectiva interdisciplinar. Para consecução deste objetivo geral, definimos cinco objetivos específicos:

- Identificar conteúdos matemáticos necessários à formação técnica do estudante da modalidade de ensino Técnico integrado ao Médio, do curso *Técnico em Eletroeletrônica*;
- Correlacionar conteúdos da formação técnica com os conteúdos matemáticos;
- Caracterizar situações, envolvendo temáticas e artefatos técnicos utilizados na formação profissional, que permitam o ensino em uma perspectiva de integração entre conteúdos matemáticos e da eletroeletrônica;
- Elaborar e validar uma Metaorquestração Instrumental interdisciplinar, testando-a com professores de diferentes áreas do ensino técnico integrado;
- Analisar a elaboração de uma orquestração instrumental técnico-interdisciplinar, elaborada por professores do ensino profissional participantes da MOI interdisciplinar.

A presente tese está dividida em 7 capítulos. Nesta introdução situamos o contexto de pesquisa, com uma breve descrição do quadro teórico a ser utilizado, da metodologia adotada, o objetivo geral e os específicos, e a estrutura organizacional do texto. No capítulo 2, apresentamos os fundamentos teóricos que dão suporte ao nosso trabalho. Iniciamos com uma seção a respeito de aspectos relevantes referentes ao ensino técnico, e da interdisciplinaridade como princípio norteador da modalidade de ensino integrado, seguida da discussão de embasamentos teóricos que fundamentam nossa investigação: a noção de esquemas (VERGNAUD, 1964), a abordagem instrumental (RABARDEL, 1995), o Modelo da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005a) e o Modelo da Metaorquestração Instrumental (LUCENA, 2018). O capítulo 3 especifica os fundamentos metodológicos adotados na pesquisa, com uma descrição geral de cada estudo em que está dividida. Posteriormente, os três estudos são detalhados nos capítulos seguintes: no capítulo 4, o estudo inicial que faz um levantamento de dados para chegar às propostas interdisciplinares; o capítulo 5 retrata a formação interdisciplinar inicial, elaborada com base em uma das propostas e vivenciada por professores do ensino técnico; e o capítulo 6 descreve e analisa a elaboração e teste de uma MOI interdisciplinar, desenvolvida como um aperfeiçoamento da primeira formação. Por fim,

no capítulo 7, apresentamos as considerações finais do trabalho, com um resumo de toda a pesquisa, as conclusões chegadas e sugestões para estudos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo está dividido em cinco seções. Na primeira seção, apresentamos alguns pontos mais relevantes sobre a modalidade de Ensino Técnico Integrado ao Médio, objeto de nosso estudo, a fim de contextualizá-lo e melhor apresentar o problema de pesquisa. Discorreremos sobre o princípio da interdisciplinaridade e seu papel como elemento norteador da integração entre a formação técnica profissional e a formação geral relativa ao ensino médio, apresentando resultados de estudos que discutem a viabilidade de uma prática interdisciplinar, por docentes de diferentes instituições de ensino profissional.

Em seguida, antes da exposição dos modelos que fundamentam nossa pesquisa – o Modelo da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005a) e o Modelo da Metaorquestração Instrumental (LUCENA, 2018) – apresentamos e discutimos alguns conceitos e abordagens essenciais para sua compreensão. Uma vez que nosso estudo está voltado à prática do professor, faremos uma análise dos *esquemas* docentes demandados para a elaboração de uma orquestração instrumental, constituída por situações que articulem o conhecimento matemático com o técnico profissional em jogo no curso. Uma das possibilidades é o uso de artefatos próprios da educação profissional estendido ao ensino e aprendizagem da matemática. A criação destas situações resulta em esquemas de uso e de ação instrumentada, a serem desenvolvidos ou adaptados dos repertórios dos professores. Posto que “o conceito de esquema é uma ferramenta privilegiada para descrever o processo de desenvolvimento das competências profissionais dos professores”, como afirmam Goigoux e Vergnaud (2005, p. 9, tradução nossa), é por meio do estudo destes esquemas que analisaremos como ocorre seu processo de *gênese instrumental* (RABARDEL, 1995).

Rabardel (1995) se baseia em pesquisas desenvolvidas por Piaget (1936, 1974a, 1974b) e diversos outros autores, no que concerne à definição de esquemas, para discorrer sobre a abordagem instrumental. Seguindo a linha de raciocínio piagetiana de que a origem do conhecimento deve ser buscada na ação, o autor chama atenção à insuficiência de seu conceito de esquemas, uma vez que Piaget foca na construção do sujeito epistêmico, o que é inadequado para explicar o comportamento do sujeito psicológico. Desta forma, discorre sobre o conceito utilizando diversos autores como referência, incluindo Vergnaud (1985, 1990a, 1990b). Neste contexto, posto que Trouche (2005a) toma como base as pesquisas deste autor para desenvolver o Modelo da OI, apresentaremos inicialmente, na segunda seção, as noções de *situação* e *esquema* na concepção de Vergnaud (1964), com ênfase na ação docente e nos elementos fundamentais à compreensão de uma abordagem instrumental. Esta abordagem será discutida

na terceira seção, especialmente no que concerne aos elementos envolvidos no processo de gênese instrumental (RABARDEL, 1995). Na quarta seção, discutimos o modelo da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005a), com olhar direcionado às gêneses instrumentais dos professores no contexto da educação profissional. Por fim, na Seção 5, discorreremos sobre o Modelo da Metaorquestração Instrumental (LUCENA, 2018).

2.1 Ensino Técnico Integrado e interdisciplinaridade

Atualmente, são previstas três alternativas de organização para a Educação Profissional técnica de nível médio: *integrada*, *concomitante* e *subsequente*. A modalidade de ensino técnico *integrado* ao médio foi incluída novamente por meio do decreto nº 5.154/04, que definiu novas orientações para o ensino profissional no Brasil. Anteriormente, o Decreto nº 2.208/97 havia estabelecido o fim dos cursos técnicos integrados, ao definir que a organização curricular da Educação Profissional seria própria e independente do Ensino Médio, podendo ser oferecida apenas de forma concomitante ou sequencial a este (MORAES; ALBUQUERQUE, 2019).

A forma de organização *concomitante* é direcionada a alunos que já concluíram o ensino fundamental e/ou estejam cursando o médio, sendo feita em matrículas distintas para cada curso (médio e técnico), podendo ocorrer na mesma instituição ou não. Já a modalidade *subsequente* tem como alvo apenas os alunos que já concluíram o ensino médio. Ambas já eram previstas no decreto de 1997, tendo a última apenas mudado o nome de ‘sequencial’ para ‘subsequente’. Assim, enquanto a matrícula de ambas as modalidades é feita de forma independente do Ensino Médio, na organização *integrada* o processo é um só, ocorrendo em matrícula única, em uma mesma instituição de ensino, direcionada aos alunos que já concluíram o ensino fundamental (BRASIL, 2004).

Contudo, este diferencial não impacta apenas na maneira de ingressar no ensino profissional, mas requer algumas adaptações que deem suporte a esta modalidade, a qual deve “assegurar, simultaneamente, o cumprimento das finalidades estabelecidas para a **formação geral** e as condições de preparação para o exercício de **profissões técnicas**” (BRASIL, 2004, Artigo 4º, § 2º, grifo nosso). Embora sejam complementares, ambos os cursos (médio e técnico) não devem ser simplesmente somados de maneira desconectada para formar o curso integrado, mas sim encarados de maneira holística, imbricados. Precisam ser considerados como um único curso, superando a “dicotomia entre teoria e prática, entre conhecimentos e suas aplicações” (BRASIL, 2004, p. 10).

Para que essa integração ocorra, de fato, uma explicitação dos princípios e diretrizes que permeiam esta modalidade de ensino se faz necessária, a fim de orientar as instituições

ofertantes. Neste contexto, em 2007 foi elaborado um documento-base pela Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica, vinculada ao Ministério da Educação (SEMTEC/MEC), com o intuito de orientar a formação integral do trabalhador, “apresentando os pressupostos para a concretização dessa oferta, suas concepções e princípios e alguns fundamentos para a construção de um projeto político-pedagógico integrado” (BRASIL, 2007, p. 4).

Conforme exposto no referido documento, os conhecimentos de formação geral e os específicos de uma área profissional podem ser trabalhados de maneira colaborativa, complementar, possibilitando uma compreensão global da realidade. O contexto e problemas relacionados à área profissional podem ser utilizados para dar sentido a disciplinas de formação geral, e este seria um diferencial do ensino médio integrado à educação profissional. Conforme destacado em estudos realizados em diversas instituições de ensino técnico profissional, a prática interdisciplinar facilita a construção de novos conhecimentos pelos estudantes, possibilita o desenvolvimento de suas múltiplas capacidades e favorece o processo de ensino-aprendizagem (ALVES; SILVA-FILHO; LOPES, 2009; GONÇALVES; PIRES, 2014; SOARES, 2015; FERREIRA, 2015; MOLIN *et al.*, 2016; PIROLLA *et al.*, 2019; BESSA *et al.*, 2020). Neste sentido, entendemos que as disciplinas gerais e específicas não devem ser trabalhadas independentemente, desconectadas, mas sim relacionadas, tendo conteúdos associados e complementares (MORAIS; GITIRANA, 2022).

É nesse contexto que a noção de *interdisciplinaridade* é utilizada aqui. Apesar de não existir uma definição unívoca e, até mesmo, haver uma banalização por parte de muitos profissionais em relação a este conceito, como bem concluem Gonçalves e Pires (2014) em sua revisão de literatura, no presente estudo entendemos interdisciplinaridade como uma integração das disciplinas gerais e específicas ofertadas na modalidade de ensino em discussão. De acordo com o Projeto Pedagógico do IFPE, a *interdisciplinaridade* é um dos princípios que fundamenta a metodologia de ensino defendida pela instituição:

O ambiente mais favorável à aprendizagem é o interdisciplinar, considerando que as **práticas interdisciplinares contribuem para a formação simultânea do estudante nos aspectos técnico e prático**, pluralista e crítico, implicando uma qualidade social e política, pois, por INTERDISCIPLINARIDADE, enquanto princípio pedagógico, compreende-se que todo conhecimento é construído em um processo dialógico permanente com outros **conhecimentos que se completam**, apontando para a necessidade do seu domínio, com vistas a que essas conexões entre si se efetivem (BRASIL, 2014, p.3, grifo nosso).

Nesse cenário, a interdisciplinaridade se faz imprescindível como elemento norteador da integração entre a formação técnica profissional e a formação geral propedêutica relativa ao ensino médio. Entretanto, adotar esse princípio em sua prática docente não é simples para a

maioria dos professores, podendo ser uma quebra de paradigma. De acordo com Alves, Silva-Filho e Lopes (2009), atualmente o ensino dos saberes científicos continua predominantemente disciplinar e compartimentado. E, embora a organização curricular por disciplinas tenha sido de grande importância para a evolução dos conhecimentos da humanidade, criou limites para a produção e divulgação desses conhecimentos.

Fazenda (2002) defende que a interdisciplinaridade traduz a atitude diferenciada frente ao conhecimento, sendo a comunicação entre as áreas o caminho para alcançá-la. Segundo a autora, é por meio dela que o professor tem condições de melhorar a formação geral do estudante, mas para isso são necessárias intervenções educativas que estimulem o docente a refletir sobre sua prática. Em uma pesquisa realizada com docentes de uma escola técnica integrada ao ensino médio, Moulin *et al.* (2016) investigaram qual a concepção de interdisciplinaridade por esses professores, constatando que a maioria não consegue definir bem o termo. Os autores afirmam que muitas vezes ele é entendido apenas como a presença de um tema comum entre disciplinas diferentes, o que remete, mais uma vez, à importância da mudança de mentalidade por parte dos educadores.

Para desenvolver um trabalho interdisciplinar numa instituição de ensino profissional, Alves, Silva-Filho e Lopes (2009) sugerem que seja feito um estudo das condições vigentes do curso técnico, especialmente no que concerne às relações com as disciplinas de formação geral. Dentre as etapas desse estudo, elencam: um mapeamento de cada disciplina com levantamento de conteúdos; a identificação de integração entre os conceitos das diversas disciplinas; o repensar do planejamento e organização curricular do curso; a adoção de práticas laboratoriais interdisciplinares, a fim de aproveitar a estrutura física da instituição; e a produção de um material didático coerente com a proposta curricular e que utilize as tecnologias do curso como eixos integradores.

No que se refere à elaboração do currículo, essa deve ser feita conjuntamente pelos docentes das áreas gerais e técnicas, para que possam organizá-lo de forma a favorecer a sincronia entre as disciplinas próprias do ensino médio e da educação profissional, levando sempre em consideração sua característica de integração e o princípio da interdisciplinaridade. De acordo com o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) do ensino técnico integrado ao médio,

a interdisciplinaridade aparece, aqui, como necessidade e, portanto, como **princípio organizador do currículo** e como método de ensino-aprendizagem, pois os conceitos de diversas disciplinas seriam relacionados à luz das questões concretas que se pretende compreender (BRASIL, 2007, p. 52, grifo nosso).

Portanto, para que seja possível a integração entre a formação básica e profissional, um dos pressupostos diz respeito a um único currículo que relacione ambas as áreas de maneira orgânica. Bessa *et al.* (2020, p. 2) discorrem sobre a necessidade de revisão e atualização da organização curricular de cursos técnicos integrados, almejando um currículo interdisciplinar que “integre no ensino os conhecimentos necessários ao desenvolvimento pleno das capacidades intelectuais, físicas, técnico-tecnológicas e culturais do discente”.

Contudo, como ressaltado anteriormente, apesar da integração entre componentes curriculares de ambas as áreas de formação ser imprescindível, não é o único fator necessário para possibilitar a interdisciplinaridade, vista sob esta perspectiva. Existem diversas metodologias que o professor pode adotar para integrar a Matemática e as disciplinas específicas do curso técnico lecionado. Temos como exemplo o trabalho de Gonçalves e Pires (2014), em que fazem sugestões como propostas de atividades que tratem de tematizações transversais, utilizando a Modelagem Matemática para abordar a matéria de maneira interdisciplinar.

No presente trabalho, realizamos um estudo de como situações, envolvendo temáticas e artefatos próprios das disciplinas técnicas do curso profissional, podem ser inseridas e utilizadas para ensinar matemática, com base na estrutura do Modelo da Orquestração Instrumental, proposto por Trouche (2005a); e no Modelo da Metaorquestração Instrumental, proposto por Lucena (2018), no que concerne à formação necessária aos professores do Ensino Técnico.

2.2 As noções de situação e esquema

Existem várias definições para o conceito de *esquema* no campo da Educação. Na presente pesquisa, consideramos a aceção de Vergnaud (1964), que faz uma ampliação da definição desenvolvida por Piaget (1949).

De acordo com Vergnaud (2009), o conceito de esquema não foi introduzido por Piaget, mas por Kant e, posteriormente, mencionado por vários outros filósofos e psicólogos no século XIX e início do século XX. No entanto, ele acredita que Piaget foi quem primeiro atribuiu ao conceito exemplos concretos que dessem sentido ao seu significado, no estudo do desenvolvimento cognitivo infantil. Muitas noções piagetianas relativas a esquemas foram aproveitadas por Vergnaud, como a consideração inicial da atividade sensório-motora e de gestos e atos como recursos internos; a ideia de que conhecimento é adaptação, por meio dos processos de assimilação e acomodação; o papel central da ação e da representação no desenvolvimento cognitivo do indivíduo; a noção de invariantes operatórios; entre outras. Contudo, Vergnaud foi além: enquanto Piaget tentou resumir o desenvolvimento do

pensamento a estruturas lógicas, em estágios ordenados (sensório-motor, pré-operatório, operatório concreto, operatório formal), Vergnaud (1993b) observou que o pensamento é uma relação de ordem parcial, e muito mais complexa do que a simples classificação em estágios.

Para o autor, o processo de desenvolvimento cognitivo do sujeito está fortemente ligado às *situações* com as quais se depara. Por isso, tem como cerne a construção de conceitos, ou seja, a conceitualização. Ele chama atenção para o processo de elaboração pragmática, isto é, acredita que é por meio de *situações* ou problemas a resolver que um conceito adquire sentido. Nesse contexto, faz menção a duas ideias principais relativas ao conceito de situação: a da existência de uma grande *variedade* de situações relativas a um mesmo conceito, que possibilita a construção sistemática do conjunto de suas possíveis classes; e a de *história*, no sentido em que os conhecimentos dos alunos são formados a partir das situações com que se deparam e dominam progressivamente, especialmente as primeiras situações suscetíveis de dar sentido aos conceitos pretendidos no ensino (VERGNAUD, 1993a).

Vergnaud (1993a, p. 2) distingue duas possíveis classes de situações:

- 1) classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação;
- 2) classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que o obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, levando-o eventualmente ao sucesso ou ao fracasso.

O primeiro caso retrata o caráter *invariante* dos esquemas. Para aquela situação, ou situações de mesma classe, o sujeito apresenta comportamentos automatizados, utilizando um esquema já conhecido de seu repertório. Olhando para o professor, nos casos mais favoráveis, suas tentativas em lidar com novas situações resultam da similaridade entre elementos ali presentes e em situações análogas anteriores, sendo a nova situação assimilada por esquemas familiares (GOIGOUX; VERGNAUD, 2005). Já o segundo caso retrata o caráter *adaptativo* dos esquemas. O sujeito ainda não possui todas as competências necessárias para resolver a situação, mas por meio da combinação de vários esquemas, que são descombinados, recombinações e acomodados, pode desenvolvê-las para enfrentar aquela classe de situações. Portanto, uma acomodação mais dispendiosa é necessária para lidar com aquela situação ou classes de situações.

Nos dois casos, o conceito de esquema funciona de maneira diferente (VERGNAUD, 1993a). “Por um lado, um esquema é *a organização invariante da atividade para uma determinada classe de situações*; por outro lado, sua definição analítica deve conter conceitos abertos e possibilidades de inferência” (VERGNAUD, 2009, p. 88, tradução nossa). Sendo

assim, o professor tem o papel de selecionar uma variedade de situações que ajudem os alunos a construir conhecimentos. Deve proporcionar novos cenários, diversas situações de uma mesma classe, a fim de favorecer a significação dos conceitos envolvidos. Segundo Vergnaud (1990c, p. 19, tradução nossa),

Os professores desempenham um papel importante, não apenas explicando, mostrando e gerenciando a situação da sala de aula, mas também escolhendo de maneira cuidadosa e adequada as situações que tornam o conhecimento matemático significativo.

É na busca desse significado do conhecimento matemático que acreditamos que a proposição de situações relativas ao curso técnico para ensinar matemática pode facilitar a compreensão do estudante, uma vez que é atribuído um sentido para tais conceitos.

Ao ponderar sobre a ideia piagetiana de que conhecimento é adaptação, Vergnaud (2002a, p.73) faz a seguinte reflexão: o que é que se adapta? E a que se adapta? A partir disso, desenvolve os conceitos e relações entre *esquema* e *situação*: afirma que são os esquemas que se adaptam às situações, considerando esquemas como formas de organização da atividade. Para ele, o par *esquema-situação* é a raiz do desenvolvimento cognitivo, sendo fundamental para analisar o comportamento do sujeito e processos de aprendizagem. Também dá suporte para analisar a atividade cognitiva tanto do aluno como do professor, e suas interações. Ademais, no que concerne aos esquemas dos professores,

É esse par que permite identificar e analisar os momentos críticos do desenvolvimento profissional, quando o professor iniciante, por exemplo, tenta dominar uma nova situação, muitas vezes mais complexa do que aquelas que ele já domina (GOIGOUX; VERGNAUD, 2005, p. 9, tradução nossa).

Assim, uma vez que nosso estudo busca formar o professor do ensino técnico para que seja capaz de integrar conteúdos de sua área e de outra área do conhecimento, o cerne de nossa análise de sua atividade profissional está na tentativa do docente de dominar uma nova situação, e sua relação com os esquemas que irá mobilizar e desenvolver para isso.

Ainda como ampliação da definição piagetiana de esquemas, Vergnaud (2009) levou em consideração as particularidades do campo em estudo, mais precisamente a matemática, e como suas propriedades específicas descrevem as competências desenvolvidas pelo sujeito ao longo do tempo. A análise de esquemas inerentes à matemática permite identificar as diversas classes de situações relativas a um conceito – por exemplo, o conceito de funções, abordado em situações de relação entre grandezas; de correspondências de valores; ou a partir de seu aspecto covariacional –, assim como o salto epistemológico demandado de uma situação para outra, de que modo ocorre a aprendizagem e como pode ser estimulada.

Neste contexto, o conceito de esquema pode ser entendido como uma entidade composta pelos seguintes elementos (VERGNAUD, 1993a, p. 19):

- invariantes operatórias (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) que dirigem o reconhecimento, pelo sujeito, dos elementos pertinentes da situação e a tomada da informação sobre a situação a tratar;
- antecipações da meta a atingir, efeitos esperados e eventuais etapas intermediárias;
- regras de ação do tipo "se ... então ...", que permitem gerar a sequência das ações do sujeito;
- inferências (ou raciocínios) que permitem "calcular" as regras e as antecipações a partir das informações e do sistema de invariantes operatórias de que o sujeito dispõe.

Como complementa Vergnaud (2009), o esquema compreende vários aspectos: o *epistêmico*, que envolve os invariantes operatórios; o *intencional*, que diz respeito aos objetivos que o sujeito pretende atingir e suas antecipações; o aspecto *gerativo*, referente às regras de ação, que geram a atividade; e o *computacional*, relacionado à possibilidade de inferências, à capacidade do sujeito de avaliar suas ações.

Fazendo uma análise com foco nos esquemas dos professores do ensino técnico, as *antecipações* se referem à intenção do docente ao propor uma situação interdisciplinar aos alunos. Ao planejar uma atividade, ele espera determinados resultados, pensa nas competências a serem trabalhadas e desenvolvidas pelos estudantes, estipula objetivos a serem alcançados, os quais podem ser desdobrados em subobjetivos, por meio de previsões e antecipações do que pode ocorrer no decurso temporal da atividade. Numa perspectiva interdisciplinar, esses objetivos devem contemplar ambas as áreas do conhecimento.

Guiado por suas antecipações e o próprio desenrolar das tarefas, o professor executa passos que geram os esquemas em si. Assim, esses passos, ou regras, geram a atividade do professor no decorrer da aula. São as *regras de ação, de tomada de informações e de controle*: a situação que propõe, as representações usadas, as perguntas que faz, os recursos que utiliza, como orienta os estudantes na resolução de problemas, como esclarece as dúvidas, a metodologia que adota, a observação das ações do aluno e a compreensão dos procedimentos adotados por eles, a forma que lida com imprevistos, ou seja, como conduz sua aula, de maneira geral. Segundo Vergnaud (2002b, p. 3, tradução nossa), essas regras “são decisivas para selecionar informações relevantes e gerar ações no decurso temporal da atividade: por exemplo, quando um professor é confrontado por muitos alunos que falam de maneira desordenada”, ou quando o professor é questionado sobre algo que não é da sua área de formação.

Já os *invariantes operatórios* dizem respeito aos conhecimentos, implícitos e explícitos, envolvidos em determinada situação (ou classe de situações). Vergnaud (2009) os classifica em conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, estendendo o significado usual de objetos explícitos

do pensamento para englobar também os implícitos. No nosso contexto interdisciplinar, são considerados os conhecimentos de ambas as áreas, assim como a conexão entre eles. Os invariantes operatórios estão relacionados ao conhecimento envolvido naquela situação. O esquema será mobilizado em uma variedade de situações de mesma classe, por isso o termo ‘invariante’. Entretanto, como afirma Vergnaud (2012, p. 74), “o invariante é a organização da atividade, não a atividade em si mesma”, isto é, o comportamento do sujeito varia de acordo com as características próprias de cada situação. Embora compostos por algumas condutas automatizadas, os esquemas apresentam um caráter flexível, adaptativo, o que nos remete ao próximo ponto.

A possibilidade de fazer *inferências*, em cada etapa do processo de ensino e aprendizagem, permite ao professor calcular metas, regras e expectativas da atividade (VERGNAUD, 2002a). Este último ponto enfatiza o caráter adaptativo dos esquemas. Assim, para alcançar determinado objetivo (aspecto intencional), o professor propõe situações que mobilizam conceituações (aspecto epistêmico), muitas vezes implícitas, as quais fundamentam e organizam as regras de ação e de tomada de informação e controle no decurso temporal da atividade (aspecto gerativo), quando se depara com contingências que evocam a necessidade de inferências (aspecto computacional).

Apesar da importância atribuída ao estudo de esquemas na compreensão do processo de ensino e aprendizagem, identificá-los não é uma tarefa simples. Devido à impossibilidade de analisar os esquemas em todos os seus componentes e de delimitar classes de situações, Vergnaud (2002a) recomenda focar nas suas características mais importantes, identificando as formas de organização da atividade que sejam razoavelmente estáveis. A complexidade é ainda agravada quando estão envolvidas mais de uma área do conhecimento.

Esta dificuldade de análise está ligada ao caráter implícito de alguns componentes dos esquemas. Existe uma distância entre a ação e os conhecimentos mobilizados por ela. É neste contexto que Vergnaud enfatiza a importância de estabelecer relações entre as formas operatória e predicativa do conhecimento. Enquanto a forma operatória consiste na ação do mundo físico e social, a forma predicativa do conhecimento representa suas expressões simbólicas e linguísticas (VERGNAUD, 2009). Claramente há uma lacuna entre elas, pois não é fácil descrever as atividades mentais, cada raciocínio condicional espontâneo que surge no pensamento até chegar a determinada conclusão. Normalmente o indivíduo tende a relatar uma sequência linear de ações, o que por si só não permite estabelecer todas as relações conceituais entre condições e atividades, as quais são fundamentais para analisar esquemas (VERGNAUD, 2002a).

Neste contexto, os professores necessitam mobilizar ou desenvolver esquemas para auxiliar a aprendizagem do aluno de maneira adequada. Devem dominar bem não só os conteúdos trabalhados, mas também a equivalência entre as formas operatória e predicativa dos conhecimentos em jogo. Especialmente no campo da matemática, as notações numéricas e algébricas desempenham um papel muito importante nos processos de conceituação e raciocínio. Mas o estudante encontra grande dificuldade em associá-las ao conteúdo, pois podem ser tão complexas quanto às situações e operações de pensamento necessárias para lidar com elas (VERGNAUD, 2009). Portanto, o professor deve ser capaz de identificar as diferentes categorias de situações que propõe, assim como o salto epistemológico exigido do aluno entre uma e outra situação. De acordo com Vergnaud (2002b, tradução nossa),

Não é suficiente para um professor enunciar abstrações para os alunos repetirem ou até entenderem. A relação entre a forma operacional e a forma predicativa do conhecimento, portanto, parece particularmente complexa. É, no entanto, essencial em matemática, na medida em que esta ciência se baseia muito em tratados escritos e teoremas impossíveis de dispensar.

No que concerne à utilização de recursos próprios da educação técnica para ensinar matemática, há outras demandas ao docente. O professor desenvolve esquemas de uso de artefatos pensando nos esquemas a serem desenvolvidos pelo estudante no sentido de sua conceitualização. Assim, uma vez que domine o artefato a ser utilizado, o professor deve fazer a adequada relação entre o seu uso e o conceito matemático trabalhado, de forma que a prática dê sentido à teoria, e que a passagem entre uma e outra não pareça uma abstração sem sentido para os estudantes. Neste contexto, uma situação do contexto profissional pode auxiliar neste processo de atribuição de significado aos conceitos matemáticos, aplicados em um cenário conhecido ao aluno.

2.3 A abordagem instrumental

A integração de recursos nas aulas de matemática possibilitou novas perspectivas para a conceitualização de objetos matemáticos, o que demandou uma necessidade de quadros teóricos que dessem suporte à utilização de instrumentos como recursos educacionais. É neste contexto que surge a abordagem instrumental, a qual Rabardel (1995) usa como base para desenvolver a ideia de gênese instrumental, foco principal desta seção.

2.3.1 Os conceitos de artefato e instrumento

Em seu trabalho, Rabardel (1995) discorre sobre a necessidade de explorar a relação entre o homem e objetos técnicos numa perspectiva mais centrada no elemento humano, ao

invés da tecnologia por si só. Uma vez que estes objetos são pensados e criados para utilização humana, estudar a ação do sujeito sobre eles é de fundamental importância. É neste cenário que Rabardel desenvolve os conceitos de *artefato* e *instrumento*, essenciais ao entendimento de sua teoria.

A definição de artefato vai além da ideia de algo que sofreu algum tipo de transformação humana. É essencial considerar a finalidade para a qual determinado objeto foi pensado e desenvolvido, ou seja, é o propósito de sua criação que o caracteriza como artefato. Segundo Rabardel (1995, p. 49, tradução nossa),

Cada artefato corresponde às possibilidades de transformações dos objetos da atividade, que foram antecipadas, deliberadamente buscadas e que provavelmente se concretizarão em uso. Nesse sentido, o artefato (material ou não) concretiza uma solução para um problema ou uma classe de problemas socialmente colocados.

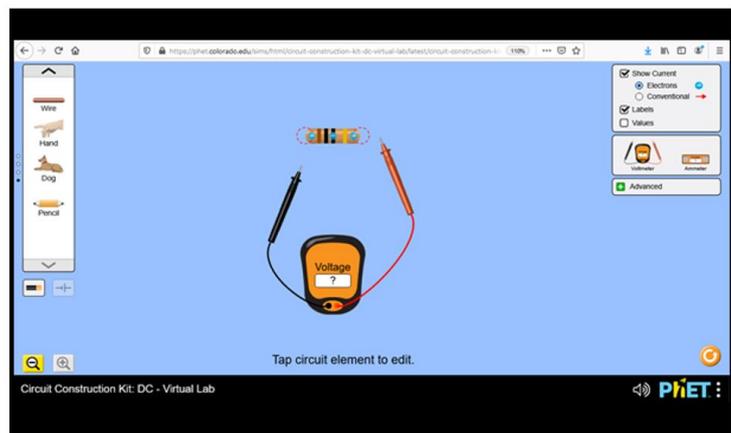
Assim, um *artefato* é um objeto, material ou abstrato, projetado para um determinado fim, com funcionalidades antecipadas no processo de sua criação, possuindo características particulares, ou até mesmo status social. Um multímetro – aparelho utilizado para medir grandezas elétricas – ou um simulador virtual de circuitos elétricos – programa que reproduz a montagem de um circuito elétrico – são exemplos de artefatos (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos de artefatos

(A) Multímetro digital



(B) Layout de simulador virtual de circuitos elétricos da plataforma *phet*



Fonte: A autora (2020).

A maneira como o artefato será de fato utilizado pode estar aquém ou além da finalidade para a qual foi desenvolvido, o que vai depender de seu usuário. E é este aspecto subjetivo que o difere de *instrumento*. Embora a intenção da concepção do artefato seja considerada para defini-lo como tal, ele é visto de uma perspectiva neutra, sendo o objeto resultante da cultura humana por si só. Quando consideramos a ação do sujeito ao utilizar o artefato, aproximamos da noção de instrumento, que é o que o sujeito constrói a partir de determinado objeto.

Segundo Rabardel (1995, p. 49, tradução nossa) em uma definição inicial, instrumento é “o artefato em situação, inscrito em um uso, em uma relação instrumental com a ação do sujeito, como um meio deste”.

O autor enfatiza a necessidade de abordar o conceito de instrumento de um ponto de vista psicológico, em que é retratado como uma entidade mista composta por dois elementos: um artefato, e os esquemas de utilização que o sujeito mobiliza para usá-lo. Estes esquemas – como discutimos anteriormente, segundo a concepção de Vergnaud – são desenvolvidos pelo sujeito, relativos à sua autonomia, sua capacidade de produção e apropriação. De acordo com Rabardel (1995, p. 93-94, tradução nossa),

Os esquemas de utilização são os organizadores da ação, da utilização, da implementação, do uso do artefato. Eles consideram e confiam nas propriedades do artefato, sendo eles próprios organizadores. (...) devem ser mobilizados de acordo com o contexto específico de cada situação. Eles são, então, atualizados como um procedimento apropriado para as particularidades da situação.

Assim, o componente instrumental é fruto da atividade do sujeito, do contexto em que está inserido, dos esquemas que aciona para utilizar o artefato e solucionar determinada tarefa. Para um professor de matemática que nunca teve contato com um multímetro, o objeto é para ele um artefato. À medida em que ele aprende a manuseá-lo, a conhecer suas funcionalidades, desenvolver esquemas de utilização e incorporá-lo em sua prática docente, o artefato se torna, para ele, um instrumento.

2.3.2 Esquemas de utilização e a Gênese Instrumental

Rabardel destrincha os esquemas de utilização em dois níveis: os *esquemas de uso* e os *esquemas de ação instrumentada*. Os primeiros constituem-se em esquemas elementares ou uma articulação destes, e estão relacionados às tarefas específicas do artefato. Já os esquemas de ação instrumentada estão relacionados à tarefa global, ao objetivo final da ação, e são constituídos pelos esquemas de uso. Sendo assim, os esquemas de uso são “módulos especializados, que se coordenam entre si e, também, com outros esquemas, assimilam-se e acomodam-se mutuamente para constituir os esquemas de ação instrumentada” (RABARDEL, 1995, p. 91-92, tradução nossa).

Um mesmo esquema de uso pode servir para diversos artefatos, pertencentes a classes tanto similares quanto distintas. Por exemplo, o mesmo esquema mobilizado para usar um multímetro pode servir para utilizar a versão virtual do artefato, em um simulador. Ao mesmo tempo, “um artefato pode ser inserido em uma variedade de esquemas de uso que irão possuir significados e funções, por vezes, diferentes” (RABARDEL, 1995, p. 95, tradução nossa).

Embora conectados, os dois elementos que compõem o instrumento – artefato e esquema – são relativamente independentes.

Figura 2 – A construção de um instrumento, por um determinado sujeito, a partir de um artefato dado



Fonte: Trouche (2005b, p. 8, tradução nossa).

Deste modo, ao utilizar um artefato para realizar determinada tarefa, o sujeito precisa se apropriar deste, desenvolvendo esquemas de ação de maneira que se transforme em instrumento para ele. Rabardel chama esse processo de *gênese instrumental*, que consiste na transformação de um artefato em um instrumento para determinado sujeito (Figura 2).

Segundo Drijvers e Trouche (2008, p. 8, tradução nossa), “a gênese instrumental está longe de ser um processo trivial, o qual exige tempo e esforço de alunos e professores”. Ainda de acordo com os autores, esse processo de apropriação é bastante complexo, sendo necessário que o usuário desenvolva os esquemas mentais que envolvam habilidades de utilização do artefato de maneira proficiente, em particular o conhecimento sobre as circunstâncias nas quais o artefato é útil.

Um dos focos deste estudo está no processo de gênese instrumental do professor de matemática ao utilizar artefatos próprios do ensino técnico para trabalhar conteúdos de sua disciplina. Para tal, o docente, além de dominar o artefato técnico utilizado de modo que seja um instrumento para ele, precisa desenvolver o conhecimento sobre a temática profissional do curso em questão e estabelecer as devidas conexões com o conteúdo matemático para abordá-lo de maneira interdisciplinar. Já o professor de eletroeletrônica precisa mobilizar ou desenvolver esquemas ao utilizar estes artefatos para abordar tais conteúdos de forma a contemplar, também, os objetivos matemáticos em jogo.

A dialética artefato-instrumento, ou a gênese instrumental, envolve dois processos que estão mutuamente interligados: a instrumentação e a instrumentalização. O processo de *instrumentação* consiste na *ação do artefato sob o sujeito*, ou seja, como as potencialidades e

limitações do artefato irão influenciar na ação instrumentada do sujeito. Já o processo de *instrumentalização* consiste na *ação do sujeito sob o artefato*, isto é, como o sujeito irá adaptar o artefato ao seu uso em particular, aos seus hábitos (Figura 3).

Figura 3 – A gênese instrumental, como combinação de dois processos duais



Fonte: Trouche (2005b, p. 9, tradução nossa).

Apesar destes processos não serem independentes, é importante diferenciá-los para enfatizar e estudar cada uma das modificações ocorridas: a do sujeito e a do artefato (TROUCHE, 2007). Imagine a situação em que um professor de eletroeletrônica está apresentando um simulador virtual de circuitos elétricos a um professor de matemática, guiando suas ações. Ao seguir os comandos, explorando o artefato e conhecendo suas funcionalidades, o professor de matemática está se instrumentando. Mas se ele não compreende os conhecimentos em jogo e está apenas seguindo comandos, ele não está se instrumentando, pois não está sofrendo nenhuma modificação para integrar este aprendizado em sua prática. Neste caso, ele não completa seu processo de gênese instrumental relativo a esta situação. Para que isto ocorra e o artefato torne-se para ele um instrumento, os dois processos devem se concretizar: a instrumentação e a instrumentalização. É preciso que seus esquemas mentais evoluam, que o professor de matemática desenvolva esquemas de ação e de uso atribuindo funções ao artefato, formas de utilizá-lo em sua prática.

Pensar em toda a complexidade deste processo de gênese instrumental traz vários questionamentos. Numa sala de aula do ensino profissional integrado ao médio, como o professor pode utilizar artefatos próprios do curso técnico de modo que contribuam no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos matemáticos? O que é necessário para que planeje situações em que estes artefatos se tornem instrumentos para eles próprios, nesse contexto, e para seus alunos?

Primeiramente, é imprescindível que o professor tenha domínio dos conteúdos relativos a ambas as áreas do conhecimento para trabalhá-los em conexão. Ademais, deve saber utilizar o(s) artefato(s) tecnológico(s) manipulado(s) em aula, estando devidamente instrumentalizado e instrumentado para mediar, também, o processo de gênese instrumental dos alunos. Todas

essas etapas nos remetem ao conceito de *orquestração instrumental*, que surgiu em resposta à questão de como fomentar a gênese instrumental dos estudantes (DRIJVERS *et al.*, 2019).

2.4 O Modelo da Orquestração Instrumental

Ao refletir sobre o papel do professor de matemática numa sala de aula rica em artefatos, surgem vários questionamentos, como a preparação e a formação que o docente necessita para integrar e utilizar recursos de forma natural, criando e executando situações matemáticas favoráveis ao processo de ensino e aprendizagem do aluno. Como observa Trouche (2005b), muitas vezes há uma resistência por parte dos professores em modificar sua prática docente. O fato é que vivemos em uma era de revolução tecnológica, e esta evolução acontece em uma grande velocidade, sendo difícil acompanhá-la:

Esta brutal aceleração tecnológica e institucional dá origem a dificuldades, evidenciadas pela lacuna entre os requisitos do programa e a realidade da classe. (...) Essa discrepância não é um sinal de falta de vontade do professor, mas sim de uma *complexidade* do processo de integração de novas ferramentas (TROUCHE, 2005b, p. 6, tradução nossa).

Assim, não é que o professor não queira mudar suas práticas, mas para gerenciar os recursos da sala de aula dando o devido suporte a toda essa novidade tecnológica, o docente precisa de diversas competências, como dominar o artefato utilizado – por exemplo um *software* –, conhecendo bem suas potencialidades e limitações; elaborar as situações matemáticas levando em consideração tanto o conhecimento pretendido como o ambiente tecnológico, e até definir o cenário em que pretende implementar as situações elaboradas.

No que concerne ao ensino técnico integrado ao médio, essa dificuldade é agravada. Teoricamente, nessa modalidade educacional as disciplinas do ensino médio devem ser trabalhadas de maneira integrada com as disciplinas técnicas do curso. A vantagem é que diversas temáticas e artefatos próprios da educação profissional podem ser utilizados para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem das disciplinas gerais, como a matemática. Mas como o docente deve se preparar para gerenciar todos esses recursos, especialmente os que não são de sua área específica, e criar situações interdisciplinares que favoreçam o aprendizado do aluno?

Considerando toda a complexidade desse processo, com ênfase no papel do professor, Trouche (2004) discute a noção de orquestração instrumental, e posteriormente desenvolve o Modelo da Orquestração Instrumental (2005a), fazendo uma analogia entre uma sala de aula rica em artefatos e uma orquestra: o professor (maestro) conduz e orienta os estudantes (músicos), durante a resolução de situações matemáticas (partituras musicais), a utilizarem os

artefatos (instrumentos musicais) disponíveis de modo a se tornarem para eles instrumentos, ou seja, objetivando a gênese instrumental do aluno. De acordo com Lucena (2018, p. 46), essa metáfora “é um modelo teórico que muito tem contribuído com pesquisas que buscam investigar a prática docente em sala de aula rica em tecnologias (...)”.

Interpretando o papel de maestro da orquestra, o professor é responsável pelo conjunto de instrumentos da classe, e a ele é atribuído um conjunto de tarefas:

- analisar o currículo para definir os objetivos didáticos e as situações matemáticas que serão executadas para alcançar tais objetivos;
- analisar o potencial dessas situações matemáticas para tirar melhor proveito dos artefatos;
- reciprocamente, analisar o potencial, as limitações e os *affordances* dos artefatos para tirar melhor proveito das situações matemáticas;
- analisar o nível de desenvolvimento dos instrumentos dos estudantes (como eles poderão mobilizar seus instrumentos para lidar com as tarefas matemáticas que lhes serão propostas? Como o trabalho matemático lhes permitirá enriquecer seus instrumentos?)
- como a combinação dos instrumentos individuais e coletivos dos estudantes dará suporte ao trabalho destes e, de modo geral, enriquecer o conjunto de instrumentos da turma? (BELLEMAIN; TROUCHE, 2017, p. 5).

Para coordenar e executar este conjunto de tarefas complexas, o docente deve planejar bem suas aulas, pensando em aspectos importantes, tais como: a situação a propor, o nível de participação em que os alunos irão interagir, o nível de interferência do professor, as possibilidades do ambiente tecnológico, os dispositivos que serão utilizados, etc.

Além disso, como afirma Trouche (2005b, p. 15, tradução nossa),

Promover a participação dos alunos no ensino não se baseia apenas em um dispositivo material, o elemento essencial é uma intenção didática e uma possibilidade de implementação: deixar muita iniciativa para os alunos pressupõe um alto grau de domínio do ambiente de aprendizagem, suas possibilidades de evolução, o ambiente tecnológico, suas limitações e possibilidades, o que é muito para um professor em formação... e para um professor experiente também!

Assim, o professor deve dar conta de todos estes aspectos, além de algumas fragilidades, como o sistema de instrumentos que todo aluno desenvolve ao longo de sua atividade de estudo da matemática, a consideração insuficiente dos processos de instrumentalização, o reconhecimento da responsabilidade do professor neste processo.

No cenário interdisciplinar do ensino técnico, ainda existem outros aspectos a serem levados em consideração. O professor, além de dominar a sua área do conhecimento e os artefatos relacionados a ela, precisa estar a par de conteúdos e artefatos relativos a uma outra área, e estabelecer as devidas conexões de forma a contribuir com o aprendizado dos estudantes. Para isso, é necessário que saia da sua zona de conforto e que enfrente, também, as dificuldades relativas a um terreno bastante desconhecido.

Neste contexto, Trouche (2004) introduziu o termo *orquestração instrumental* para tratar da organização do espaço de trabalho e tempo do professor e dos seus alunos (BELLEMAIN; TROUCHE, 2017). Como componentes da orquestração instrumental, apresenta dois conceitos necessários ao seu planejamento: a *configuração didática* (um arranjo ou arquitetura particular dos estudantes e artefatos) e o *modo de execução* (a maneira como a configuração didática será vivenciada):

Uma configuração didática é um arranjo dos artefatos no ambiente, ou, em outras palavras, uma configuração do ambiente de ensino e dos artefatos envolvidos. Através da configuração didática, o professor ‘determina o cenário’ para a gênese instrumental. Um modo de execução é o jeito que o professor deseja explorar a configuração didática favorecendo suas intenções didáticas. Consiste na maneira esperada em que a configuração didática pode ser explorada para a gênese instrumental almejada (DRIJVERS *et al.*, 2019, p. 401, tradução nossa).

Entretanto, Drijvers *et al.* (2010) apontam uma limitação nesta composição: o docente muitas vezes enfrentará situações inusitadas na sala de aula, que não necessariamente foram previstas em seu planejamento. Neste caso, para que a analogia da orquestração instrumental faça sentido, os autores afirmam que é preciso pensar em uma orquestra em que os músicos não sejam extremamente profissionais e experientes, pois nesse caso não haveria necessidade de adaptações. Na verdade, os músicos possuem diferentes níveis, e o maestro deve preparar uma partitura para todos, considerando suas capacidades e limitações. O professor estaria aberto às improvisações de seus estudantes, fazendo as adaptações necessárias para que todos aprendessem da melhor forma possível. Os autores, então, identificam a necessidade de um terceiro elemento para compor o modelo da OI, a *performance didática*:

Uma *performance didática* envolve as decisões *ad hoc* tomadas enquanto se ensina como realmente executar a configuração didática e o modo de execução escolhidos: que pergunta propor agora, como considerar (ou deixar de lado) qualquer questionamento particular do aluno, como lidar com um aspecto inesperado da tarefa matemática ou da ferramenta tecnológica, ou outros objetivos emergentes (DRIJVERS *et al.*, 2010, p. 215, tradução nossa).

Este elemento dá suporte a ajustes que o professor deve fazer na aula ao implementar a configuração didática e o modo de execução que ele havia planejado *a priori*. Isto porque a orquestração instrumental é modificada não apenas antes do ensino, mas também durante. Neste contexto, a performance didática leva em consideração as decisões tomadas pelos sujeitos ao lidar com os imprevistos ocorridos. De natureza didática, as decisões tomadas pelo(s) formador(es) em busca do cumprimento dos objetivos didáticos preestabelecidos são denominadas *decisões ad hoc* (DRIJVERS *et al.*, 2010). Já os formandos costumam reagir pensando na resolução da situação proposta. A fim de diferenciar as decisões tomadas pelo

‘maestro’ e pelos ‘músicos’, Lucena (2018) define como *reações ad hoc* as decisões dos formandos motivadas por imprevistos correlatos à situação proposta ou às escolhas do maestro referentes à configuração didática ou ao modo de execução.

O modelo da orquestração instrumental, então, é composto por estes três componentes (Figura 4): a configuração didática – com um forte aspecto de preparação, dificilmente sofrendo alterações durante sua vivência –; o modo de execução – mais flexível a ajustes em relação à configuração didática –; e a performance didática – com forte aspecto *ad hoc* –, caracterizando sua dimensão de tempo (DRIJVERS *et al.*, 2010).

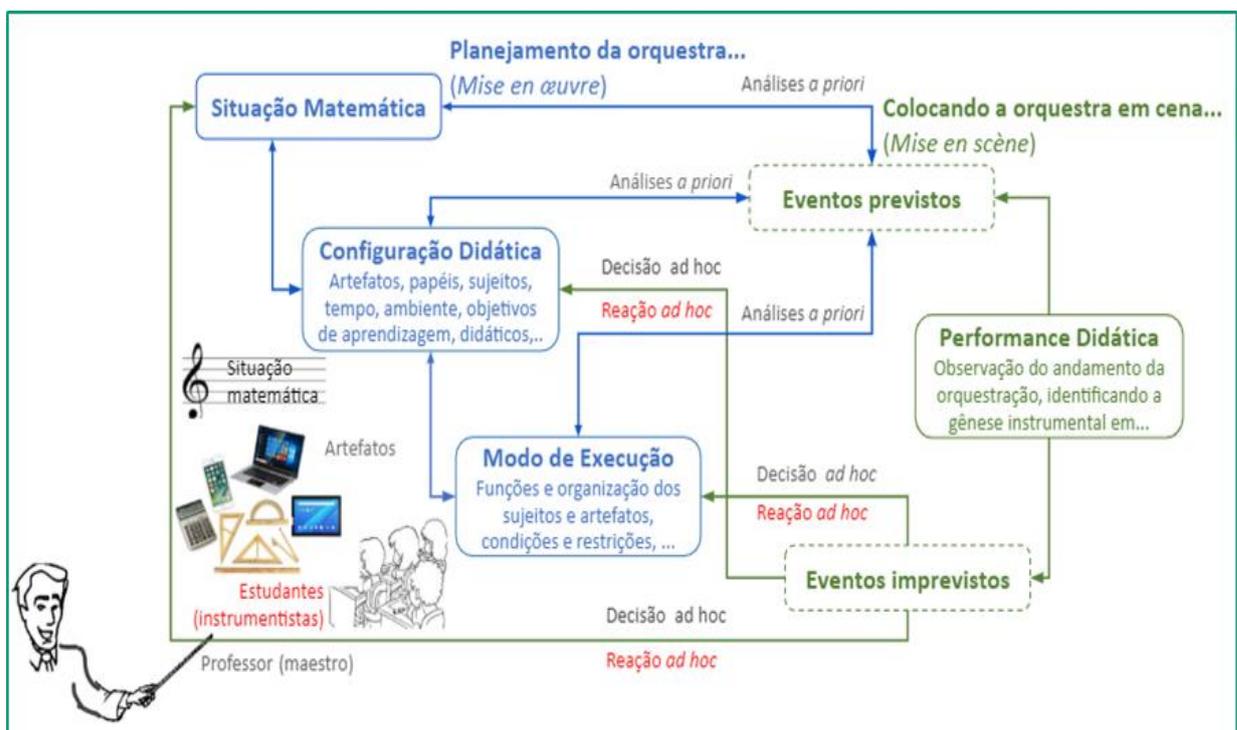
Figura 4 – Componentes da orquestração instrumental



Fonte: A autora (2020).

Lucena (2018) esquematiza esses elementos em dois atos, utilizando, para tal, termos em francês, como na Figura 5, a seguir.

Figura 5 – Esquema do modelo da Orquestração Instrumental



Fonte: Lucena (2018, p. 124).

O primeiro – *Mise en oeuvre* – está relacionado ao *planejamento* da orquestração instrumental, feito pelo professor ao propor a situação; ao selecionar quais e como os artefatos serão utilizados, quais os papéis de cada sujeito, o tempo destinado a cada etapa, etc.; além de realizar uma análise *a priori* a fim de antecipar eventos desejáveis e indesejáveis de como a OI deve e pode transcorrer. Ele abrange a configuração didática e o modo de execução, dando suporte à futura vivência da situação proposta. Já o segundo ato – *Mise en scène* – está relacionado à *implementação* da orquestração instrumental, tanto pelo professor como pelos alunos: o momento em que a OI é colocada em cena. É caracterizado pela performance didática. Se a implementação da orquestração instrumental está ou não favorecendo a situação proposta, se está ocorrendo conforme as previsões do professor, e como ele e os estudantes se adequam aos eventos imprevistos, suas decisões e reações *ad hoc* (Figura 5).

Em estudo recente, Drijvers *et al.* (2019) apontam que, até então, o foco principal das pesquisas sobre orquestrações instrumentais é direcionado a configurações didáticas e modos de execução. Entretanto, a performance didática é de extrema relevância no que concerne aos efeitos da OI, uma vez que analisa de que modo os professores tomam suas decisões, assim como as possibilidades de capacitá-los para que o façam de maneira frutífera. Destarte, nossa pesquisa perpassa por um contexto de formação de professores de matemática e de eletroeletrônica do ensino técnico integrado ao médio, cuja validação é feita por meio das análises das performances didáticas das orquestrações instrumentais que compõem a formação, com foco na gênese instrumental dos docentes. Considerando o cenário descrito, algumas definições se fazem necessárias.

2.4.1 Definição de situação técnico-matemática

Na busca de caracterizar situações que envolvam temáticas e artefatos técnicos utilizados na formação profissional para ensinar matemática em uma perspectiva de integração com o curso técnico, definimos como *técnico-matemática* uma **situação do contexto profissional que trabalha conteúdos matemáticos**. Esta definição surge do refinamento do conceito de *situação interdisciplinar*, levando em conta especificamente o contexto do ensino técnico profissional.

2.4.2 Definição de Orquestração Instrumental interdisciplinar

Com base na definição feita por Trouche (2005a) de orquestração instrumental, definimos como *orquestração instrumental interdisciplinar*

o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por uma **equipe interdisciplinar** no intuito de efetivar uma **situação interdisciplinar** dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos (MORAIS; GITIRANA; LUCENA, 2021b, p. 4, grifo nosso).

Neste estudo, realizado em uma instituição de ensino técnico profissional, a equipe interdisciplinar é composta por professores de diferentes áreas – matemática e eletroeletrônica – e a situação interdisciplinar é de natureza técnico-matemática. Neste contexto a orquestração instrumental interdisciplinar pode ser especificada como **OI técnico-interdisciplinar**.

2.5 O Modelo da Metaorquestração Instrumental

O Modelo da Metaorquestração Instrumental (MOI) foi desenvolvido por Lucena (2018) com o objetivo de formar professores de matemática a respeito do Modelo da OI (TROUCHE, 2005a) utilizando o próprio modelo como suporte. Como explica a autora, neste contexto o termo ‘meta’ é utilizado numa perspectiva cognitiva, relativo à capacidade do sujeito de compreender e refletir sobre sua própria compreensão.

Consistindo em uma composição de orquestrações, a MOI apresenta um conjunto de situações articuladas, de variadas naturezas: matemática, de discussão teórico-prática, de reflexão e análise etc. Esse conjunto de situações é denominado Metassituação (MS), definida como “uma situação complexa que pode ser analisada como uma combinação de situações de natureza e dificuldade próprias” (LUCENA, 2018, p. 125), construídas para permitir o aprendizado por reflexão sobre ela mesma. Aqui, o potencial de aplicação da OI e da MOI a outras áreas do conhecimento é ressaltado. Nesta pesquisa, em particular, este potencial é investido no âmbito do ensino técnico integrado ao médio. A autora destaca a relevância de precisar, também, a classe de situações a qual pertence cada situação que compõe a MS, devido às suas diversas naturezas. Ademais, enfatiza a relevância de detalhar os objetivos da situação, diferenciados dos objetivos da OI.

A partir da definição de Metassituação e de orquestração instrumental (TROUCHE, 2004), Lucena (2018, p. 125) define como **Metaorquestração Instrumental** “a gestão sistemática e intencional, por um agente (formador(es)), dos artefatos e dos sujeitos (professores e futuros professores) confrontados com uma MS, com o objetivo de se apropriarem do conceito de OI”.

Além dos três atributos já prescritos no modelo da OI – sistematização; intencionalidade; e riqueza em tecnologias, especialmente as digitais – o modelo teórico da MOI (LUCENA, 2018) apresenta mais cinco características essenciais: composição de

orquestrações; articulação entre as OI; propensão à interação; possibilidade de adaptação; e flexibilidade de alterar ou substituir as orquestrações visando favorecer a MS e a MOI (Figura 6).

Figura 6 – Características do Modelo da MOI



Fonte: Lucena (2018, p. 346).

Cada uma dessas oito características possui uma finalidade: i) a *sistematização* é relativa ao planejamento das OI que compõem a MOI, organizando e estruturando seu design, e à implementação dessas orquestrações, uma vez que estrutura, também, a coleta e análise dos dados oriundos de sua vivência; ii) a *intencionalidade* permite ao(s) formador(es) agir de acordo com os objetivos estipulados previamente; iii) a *riqueza em tecnologias* está relacionada à forma como o sujeito se apropria do conhecimento ao utilizar diferentes artefatos, isto é, à sua gênese instrumental; iv) a *composição* de orquestrações instrumentais estrutura o design da MOI, as quais podem ser sequenciadas ou imbricadas; v) a *articulação* garante que as situações e orquestrações instrumentais não sejam isoladas ou desconexas, favorecendo a resolução das situações propostas, uma vez que os conhecimentos vão sendo adquiridos pelos sujeitos à medida em que são resolvidas na sequência de implementação das OI; vi) a *propensão à interação* acarreta diferentes possibilidades de trabalho a serem vivenciadas, podendo esta interação ocorrer entre os sujeitos ou entre o sujeito e o artefato; vii) a *adaptação* diz respeito às modificações que podem ser feitas pelo(s) formador(es) e formandos em diferentes momentos da MOI, tanto entre OI quanto no momento de sua implementação; e viii) a *flexibilidade* é uma consequência direta desta possibilidade de adaptação, visando melhorar a MS e a MOI como um todo (LUCENA, 2018).

A MOI interdisciplinar a ser aqui proposta (capítulo 6) é *sistematizada* com a *intenção* de proporcionar aos professores condições de usufruir da *riqueza de tecnologias* do ensino técnico na perspectiva de integrá-las ao ensino da matemática. Sendo *composta* por OI

interdisciplinares sequenciadas, a *articulação* ocorre não somente entre essas orquestrações, mas também entre as situações de diferentes naturezas. Buscando *propiciar a interação* entre docentes de diferentes áreas do conhecimento e entre os professores de matemática e os artefatos do curso técnico, está sujeita a *adaptações* ao se levar em consideração o perfil de cada integrante da equipe interdisciplinar, com a *flexibilidade* de fazer os ajustes necessários para atender às necessidades dos sujeitos e da pesquisa.

Essas características prescritivas da MOI, em combinação com as situações da MS, são a base da estruturação das orquestrações instrumentais que darão suporte à implementação de tais situações, levando em conta o tipo e a complexidade de cada uma delas (LUCENA, 2018). Ademais, assim como a OI, a MOI também possui elementos próprios. São eles: a *metaconfiguração didática*, o *metamodo de execução* e a *metaperformance didática*.

Como explica Lucena (2018, p. 128), “a metaconfiguração didática pode ser entendida como uma arquitetura dos sujeitos (estudantes), artefatos, escolhas didáticas e as situações, definidos pelo maestro (professor/formador)”. Essa arquitetura pressupõe, além do conjunto de orquestrações instrumentais internas à metaorquestração instrumental, a organização, articulação e gestão dessas OI que irão compor a MOI. Ainda de acordo com Lucena (2018, p. 128),

O metamodo de execução didática consiste em diferentes formas de se colocar em execução a arquitetura de cada orquestração instrumental da metaconfiguração didática. Ao menos uma forma de execução da metaconfiguração didática precisa ser prevista.

A metaperformance didática é o desempenho alcançado pela metaorquestração instrumental, considerando a viabilidade da arquitetura criada para a apropriação do modelo teórico Orquestração Instrumental. Trata da identificação das situações imprevistas, decisões e reações *ad hoc* que são relevantes para determinar quão bem-sucedidas foram as orquestrações executadas, tanto interna quanto externamente a cada orquestração. Considera também a organização, a articulação, a gestão do conjunto de orquestrações e sua execução, ou seja, a metaconfiguração didática e o metamodo de execução que compõem a metaorquestração.

Estas etapas abrangem toda a complexidade advinda da composição de orquestrações instrumentais. Por exemplo, um imprevisto que ocorre entre OI pode ser resolvido com um tempo maior para reflexão (em relação ao ocorrido durante a implementação da OI) e até uma análise *a priori* das possibilidades, implicando em uma possível reconfiguração didática das orquestrações instrumentais que ainda serão implementadas. Pode-se optar, também, pela inclusão ou exclusão de uma OI na MOI durante sua vivência (LUCENA, 2018).

Nesta pesquisa, buscamos estender a MOI à formação de professores de diferentes áreas do conhecimento do ensino técnico, a saber a matemática e a área profissional do curso,

considerando o princípio da interdisciplinaridade como base da modalidade de ensino técnico integrado ao médio, dando origem à MOI interdisciplinar.

3 METODOLOGIA

Uma vez que leciono no IFPE, na época da coleta de dados no campus Garanhuns, o referido local foi escolhido para realização da nossa pesquisa, por se tratar de uma instituição de ensino profissional e pela facilidade de acesso. Lá são ofertados três cursos técnicos: Informática, Meio Ambiente e Eletroeletrônica, todos também na modalidade de ensino integrado, foco da pesquisa.

O presente trabalho está dividido em três etapas: um primeiro estudo, para levantamento de dados; uma formação, planejada com base nesses dados e vivenciada por professores do ensino técnico; e, por fim, a elaboração e teste de uma MOI interdisciplinar, como aperfeiçoamento da primeira formação.

Para o estudo inicial (MORAIS; GITIRANA, 2022), escolhemos o curso técnico em Eletroeletrônica como objeto de pesquisa, considerando a grande relação entre a maioria de suas disciplinas específicas e a matemática. A partir daí, enviamos um questionário, em formato de formulário eletrônico, que foi respondido pelos docentes da área técnica, com o objetivo de identificar conteúdos matemáticos necessários à formação técnica do estudante da modalidade de ensino integrado, referente ao curso Técnico em Eletroeletrônica. Os docentes também fizeram sugestões de temáticas e artefatos do curso utilizados ao trabalhar tais conteúdos. Após análise das respostas, foi feito um levantamento das possibilidades de integração entre a matemática e as disciplinas próprias do curso – em termos de temáticas e artefatos técnicos – a fim de caracterizar situações que permitam o ensino da matemática em uma perspectiva interdisciplinar. A análise dos dados resultou em nove propostas interdisciplinares, sendo uma delas selecionada como base para a etapa seguinte da pesquisa.

O segundo estudo consiste em uma formação interdisciplinar pensada para professores do ensino técnico integrado, fundamentada na OI. Composta por três orquestrações instrumentais sequenciadas, sua ênfase se dá na formação dos professores de matemática, com a colaboração de docentes da área de eletroeletrônica. A vivência ocorreu presencialmente, em fevereiro de 2020, no IFPE campus Garanhuns. Após análise dos resultados – que indicaram que além de ser fundamentada no Modelo da OI, a formação também favoreceu reflexões sobre o próprio modelo – ela foi caracterizada como uma Metaorquestração Instrumental, o que levou a uma segunda formação: uma MOI interdisciplinar, construída e definida a partir de algumas modificações feitas na estrutura da primeira formação.

Assim, a terceira etapa consiste na criação e teste de uma MOI interdisciplinar, cuja implementação se deu remotamente em julho e agosto de 2021, devido à pandemia do novo coronavírus. Como uma sequência de quatro orquestrações instrumentais, foi vivenciada por parte dos docentes que participaram da primeira formação, os quais elaboraram, como produto final da MOI, uma OI interdisciplinar.

4 ESTUDO INICIAL – CURRÍCULO, TEMÁTICAS E ARTEFATOS TÉCNICOS

Inicialmente, foi feita uma análise do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) Técnico em Eletroeletrônica integrado ao Ensino Médio (BRASIL, 2012) no que concerne à distribuição de suas disciplinas. O curso em questão possui quatro anos de duração, sendo constituído por disciplinas gerais (relativas ao ensino médio), disciplinas complementares e 13 disciplinas técnicas, todas anuais. No 1º ano, a maior parte da grade curricular é de disciplinas gerais, sendo apenas duas específicas, o que equivale a quatro horas/aulas semanais. Nos 2º e 3º anos do curso, essa carga horária técnica aumenta para oito horas/aulas semanais, distribuídas por três disciplinas específicas. Já no 4º ano, o último do curso, o currículo é em sua maioria composto por disciplinas técnicas, cinco no total, resultando em 16 horas/aulas semanais (Quadro 1). Em cada ano também é ministrada uma disciplina anual de Matemática, nomeadas de Matemática I, II, III e IV nos respectivos níveis, de três horas/aulas semanais cada (BRASIL, 2012).

Quadro 1 – Distribuição de disciplinas técnicas por ano do curso Técnico em Eletroeletrônica

1º ano	2º ano	3º ano	4º ano
Fundamentos de Eletroeletrônica	Eletrônica Digital	Instalações Elétricas	Eletrônica Industrial
Instrumentos de medidas	Desenho técnico	Comandos Elétricos Industriais	CLP: Controladores Lógicos Programáveis
	Eletrônica	Máquinas Elétricas e Manutenção Industrial	Acionamentos Elétricos
			Instrumentação Industrial e Controle de Processos
			Microcontroladores e Microprocessadores

Fonte: A autora (2020).

4.1 Metodologia do estudo inicial

Com o intuito inicial de fazer um mapeamento dos conteúdos matemáticos relativos ao ensino médio demandados em cada uma das disciplinas técnicas, elaboramos um questionário em formato de formulário eletrônico (Apêndice A), o qual foi enviado por e-mail a todos os professores da área técnica pesquisada. Pretendíamos, também, ter uma noção dos artefatos tecnológicos utilizados nestas disciplinas, e as temáticas específicas relacionadas, para posterior análise da viabilidade de uso no ensino da matemática, além de criar um banco de informações para os professores do ensino técnico que pudesse favorecer futuros projetos interdisciplinares.

Cada resposta do questionário é relativa a uma única disciplina, com campo para as seguintes informações sobre ela: o *nome*, a fim de identificá-la; o *ano escolar* em que é ministrada, para explicitar quando as temáticas são trabalhadas; os *conteúdos matemáticos* necessários para sua compreensão, com o intuito de identificá-los e comparar quando são abordados na matemática; e os *artefatos* utilizados para trabalhar alguns *temas*, nos possibilitando a elaborar algumas propostas interdisciplinares. No total, obtivemos respostas de 10 professores diferentes, abrangendo as 13 disciplinas técnicas, já que alguns deles contribuíram a respeito de mais de uma disciplina. Os dados foram coletados entre agosto e novembro de 2018.

Pensando nas possibilidades de integração das diferentes disciplinas, identificamos previamente três possíveis abordagens dos conteúdos matemáticos em relação à ordem que são estudados em cada área: i) concomitantemente em ambas as disciplinas; ii) primeiro na disciplina de matemática; e iii) primeiro na disciplina técnica. O foco desta pesquisa se dá no primeiro caso, em que os professores das diferentes áreas podem realizar um trabalho simultâneo e complementar, buscando uma abordagem comum para trabalhar o conteúdo matemático.

Quando o conteúdo é visto na matemática antes de ser trabalhado na disciplina específica do curso (segundo caso), o professor de matemática pode, como exemplos de aplicações práticas em que o assunto é demandado, explorar situações específicas do curso técnico a serem estudadas, inclusive para introduzir o tema. Já o professor da área técnica tem a possibilidade de abordar o conteúdo de forma que remeta ao que foi visto anteriormente pelo estudante, diferente de quando o tema matemático surge inicialmente no contexto profissional (terceiro caso), em que ele deve pensar como será introduzido e trabalhado em sua disciplina. Neste caso, o professor de matemática, por sua vez, pode utilizar a abordagem técnica como motivação ao apresentá-lo. De qualquer modo, uma integração de temáticas e artefatos técnicos ao ensino da matemática pode facilitar a compreensão de conteúdos gerais e específicos.

Em posse dos dados, realizamos uma comparação inicial dos momentos em que os conteúdos matemáticos são trabalhados nas disciplinas por meio da elaboração de quadros expositivos. Em seguida, fizemos um levantamento dos artefatos técnicos utilizados para trabalhar temáticas específicas. Após a seleção de três respostas – cujo critério foi a riqueza de detalhes fornecidos pelo docente –, discorreremos sobre cada uma delas buscando articular a matemática às disciplinas técnicas numa perspectiva interdisciplinar (MORAIS; GITIRANA, 2022).

4.2 Apresentação e análise dos resultados – 1º estudo

Utilizamos os dados obtidos no questionário para análise inicial do momento em que os conteúdos matemáticos são demandados nas disciplinas técnicas e trabalhados nas disciplinas de matemática. O conteúdo programático de cada disciplina consta no Projeto Pedagógico do curso correspondente, e o mais recente referente ao *Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio*, do campus Garanhuns, foi elaborado em 2012. Embora, na prática, o docente tenha autonomia para fazer os ajustes necessários, realocando conteúdos para outros momentos que julgar mais conveniente trabalhá-los, nossa análise será baseada no respectivo documento oficial (BRASIL, 2012).

As disciplinas técnicas que não demandam conteúdos matemáticos estudados no ensino médio do IFPE são apenas duas, dentre as 13 componentes do curso em questão, as quais não estarão incluídas nas análises. São elas: *Eletrônica Digital* (2º ano) e *CLP* (4º ano), cujos principais tópicos matemáticos trabalham temas como Álgebra de Boole e Álgebra Aristotélica.

Quadro 2 – Conteúdos Matemáticos das disciplinas técnicas do 1º ano

Matemática/Conteúdos ministrados	Disciplinas técnicas do 1º ano/ conteúdos matemáticos necessários	
<p>1º ano •</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produto cartesiano • Equações do 1º grau • Equações do 2º grau • Equações exponenciais • Função: Noções gerais • Função afim • Função quadrática • Função exponencial <p>2º ano □</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Semelhança de triângulos □ Razões trigonométricas no triângulo retângulo □ Relações métricas no triângulo retângulo □ Equações e Funções trigonométricas □ Matrizes, Determinantes □ Sistemas lineares □ Estatística □ Números complexos 	<p>Fundamentos de Eletroeletrônica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equações do 1º grau • Equações do 2º grau • Função afim • Função quadrática □ Equações trigonométricas □ Funções trigonométricas □ Matrizes, Determinantes □ Sistemas Lineares □ Razões trigonométricas no triângulo retângulo □ Relações métricas no triângulo retângulo □ Trigonometria na circunferência □ Transformações trigonométricas □ Números complexos 	<p>Instrumentos de Medidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equações do 1º grau • Função: Noções gerais • Função exponencial □ Equações trigonométricas □ Funções trigonométricas □ Números complexos

Fonte: A autora (2020).

Em relação às duas disciplinas técnicas ministradas no primeiro ano – Fundamentos de Eletroeletrônica e Instrumentos de Medidas –, pode-se observar, no Quadro 2, que são demandados diversos conteúdos trabalhados na Matemática apenas no 2º ano, o que exige uma maior atenção por parte do professor de eletroeletrônica, uma vez que os alunos ainda não tiveram contato com os assuntos matemáticos na disciplina geral, fator que pode dificultar seu entendimento, a depender da abordagem feita pelo professor da área técnica. Em contrapartida, é possibilitado ao professor de matemática introduzir estes conteúdos num contexto profissional já conhecido pelos discentes.

Em relação às disciplinas técnicas do 2º ano – Desenho Técnico e Eletrônica –, observa-se que o padrão se mantém (Quadro 3), embora os conteúdos matemáticos introduzidos primeiramente pelo professor da disciplina técnica se apresentem em menor quantidade se comparados às disciplinas do 1º ano.

Quadro 3 – Conteúdos Matemáticos das disciplinas técnicas do 2º ano

Matemática/ Conteúdos ministrados por ano	Disciplinas técnicas do 2º ano/ Conteúdos matemáticos demandados	
<p><u>1º ano</u> •</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produto cartesiano • Equações do 1º grau • Equações do 2º grau • Equações exponenciais • Função: Noções gerais • Função afim • Função quadrática • Função exponencial <p><u>2º ano</u> □</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Semelhança de triângulos □ Razões trigonométricas no triângulo retângulo □ Relações métricas no triângulo retângulo □ Equações trigonométricas □ Função trigonométrica □ Matrizes □ Determinantes □ Sistemas lineares □ Estatística □ Números complexos <p><u>3º ano</u> Δ</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ PA Δ PG Δ Áreas de figuras planas <p><u>4º ano</u> ○</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Equações polinomiais ○ Geometria Analítica 	<p>Desenho técnico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equações do 1º grau • Equações do 2º grau □ Semelhança de triângulos □ Razões trigonométricas no triângulo retângulo □ Relações métricas no triângulo retângulo Δ PA Δ PG Δ Áreas de figuras planas 	<p>Eletrônica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produto cartesiano • Equações do 1º grau • Equações exponenciais • Função afim • Função exponencial □ Equações trigonométricas □ Função trigonométrica □ Matrizes □ Determinantes □ Estatística Δ PA Δ PG ○ Equações polinomiais ○ Geometria Analítica

Fonte: A autora (2020).

Ao realizar análise similar referente aos componentes curriculares das disciplinas técnicas do 3º e 4º ano, constatamos que não há grande discrepância entre os momentos em que os conteúdos matemáticos são abordados nestas e na matemática, isto é, não apresentam conteúdos a serem trabalhados primeiro nas disciplinas técnicas.

No que concerne aos temas técnicos envolvendo conteúdos matemáticos, analisaremos agora as respostas mais satisfatórias em termos de riqueza de detalhes, preenchimento de todos os campos do questionário e sugestões de artefatos. Para cada resposta relativa a uma disciplina, foram deixados três espaços para a sugestão de temáticas e respectivos artefatos próprios do curso técnico utilizados para trabalhá-las. As respostas a serem analisadas são correspondentes às disciplinas de *Fundamentos de Eletroeletrônica*, *Instalações elétricas*, e *Microcontroladores e microprocessadores*.

Iniciaremos a discussão analisando a disciplina Fundamentos de Eletroeletrônica, cursada no 1º ano. A primeira temática proposta pelo docente foi a *Lei de Ohm*, a qual está relacionada ao conteúdo matemático de *Função Afim*, como relatado em sua resposta:

A Lei de Ohm relaciona, de forma linear, três grandezas fundamentais em um circuito elétrico, a saber, resistência, tensão e corrente elétrica. Neste tema, o multímetro é um instrumento de medida utilizado para validar a Lei de Ohm. Esse instrumento é capaz de medir as grandezas referidas anteriormente, quando ministradas as aulas em laboratório. Uma fonte de tensão é utilizada para fornecer energia a um resistor. Com o multímetro, é possível medir a corrente que passa pelo mesmo resistor e, portanto, comparar com os cálculos previamente efetuados com auxílio da Lei de Ohm.

(Professor da disciplina Fundamentos de Eletroeletrônica – resposta ao questionário, 2018).

O professor de matemática pode, ao apresentar à turma o conteúdo de função afim – especificamente o caso de função linear –, usar como exemplo a *Primeira Lei de Ohm*, que diz que um condutor mantido a uma temperatura constante terá uma intensidade de corrente elétrica **proporcional** à sua tensão (GOUVEIA, 2018). Ademais, tem a possibilidade de utilizar um *multímetro*¹, artefato básico e essencial para um técnico em eletroeletrônica, para fazer as devidas medições ao trabalhar o tema. Obviamente, no caso do manuseio deste e qualquer artefato aqui sugerido, por um professor de matemática, levamos em consideração sua gênese instrumental, sem exclusão da devida supervisão de um profissional da área técnica, quando necessário.

A segunda temática sugerida diz respeito às *Leis de Kirchhoff*, relativa ao conteúdo matemático de *Sistemas Lineares*. Foi proposta como uma continuação da primeira temática, como explica o docente:

Apesar de útil, a Lei de Ohm não permite a análise de circuitos mais complexos. Dessa forma, com as leis de Kirchhoff, é possível formular um sistema de equações lineares independentes. Tal sistema determina as correntes ou tensões em diversos

¹ Sempre que mencionarmos o multímetro, consideramos todo o conjunto de artefatos relacionados e necessários ao seu uso: fonte de alimentação, *protoboard*, cabos de conexão, resistores, bancada, etc.

segmentos de um circuito elétrico. Novamente, o multímetro pode ser utilizado para medir as correntes que chegam e saem em um determinado nó e, conseqüentemente, afirmar que a soma algébrica das mesmas é aproximadamente zero, uma vez que o conceito de conservação de energia não se aplica ao mundo real.

(Professor da disciplina Fundamentos de Eletroeletrônica – resposta ao questionário, 2018, grifo nosso).

Então, ao trabalhar sistemas lineares, o professor de matemática tem a possibilidade de utilizar o multímetro para fazer medições das correntes que chegam e saem de determinado nó, criando um sistema de equações lineares e solucionando-o, a fim de constatar a Lei de Kirchhoff relativa à corrente, que enuncia que “A soma algébrica das correntes que entram e saem de uma região, sistema ou nó é igual a zero” (BOYLESTAD, 2012, p. 171).

A terceira temática proposta trata de *correntes alternadas*, que, de acordo com o docente da disciplina, trabalha conteúdos matemáticos como semelhança de triângulos, relações métricas no triângulo retângulo, trigonometria na circunferência, *funções trigonométricas* e números complexos. Como artefato técnico a ser utilizado, desta vez sugere o *osciloscópio*:

Por questões práticas, a corrente que atravessa um resistor pode variar de forma senoidal com o tempo. Quando tal fato ocorre, é dito que essa corrente é alternada. O osciloscópio é um artefato técnico útil que permite visualizar a forma de onda da corrente que atravessa um resistor, calcular os valores médios e eficazes dessa corrente, bem como o período e a frequência do sinal sob análise.

(Professor da disciplina Fundamentos de Eletroeletrônica – resposta ao questionário, 2018).

O professor de matemática pode, assim, utilizar o osciloscópio para observar o comportamento de uma corrente alternada, que equivale ao de uma função trigonométrica – a função seno –, além de calcular os valores da corrente, o período e a frequência do sinal, a fim de estudar suas propriedades relacionando-as ao conteúdo de corrente alternada.

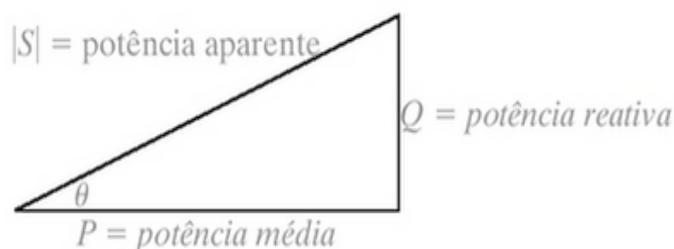
Continuaremos nossa discussão analisando, agora, a disciplina de *Instalações Elétricas*, trabalhada no 3º ano do curso. A primeira temática proposta foi sobre *Correção de Fator de Potência*. Segundo o docente, ela envolve os seguintes conteúdos matemáticos: números complexos, relações trigonométricas e métricas no triângulo retângulo, funções trigonométricas e suas inversas, e função afim. Ao indicar os artefatos técnicos utilizados no estudo do tema, o professor especificou os tópicos a serem tratados:

Conceitos de Potência em Circuitos em Corrente Alternada: Potência Ativa, Reativa e Aparente e suas relações trigonométricas; Conceito de Fator de Potência; Relação entre Potência Elétrica, Tensão e Corrente Elétrica; Medidores: Wattímetro, Varímetro, Cossifímetro; Fatura de Energia Elétrica ("Conta de Luz").

(Professor da disciplina Instalações Elétricas – resposta ao questionário, 2018).

Neste caso, o professor de matemática pode, por exemplo, explorar as relações trigonométricas no triângulo retângulo estabelecendo relações entre *potência média* ou *ativa* (P), *potência reativa* (Q), e *potência total* ou *aparente* (S). Como exposto por Boylestad (2012, p. 691), essas três grandezas formam o triângulo de potências, e estão relacionadas no domínio vetorial por $S = P + Q$. Os vetores associados às potências ativa (medida em *watt*) e reativa (medida em *var*) formam sempre um ângulo de 90° , sendo, portanto, os catetos do triângulo de potências. Já a potência total (medida em *VA*) caracteriza sua hipotenusa (Figura 7).

Figura 7 – Triângulo de potências



Fonte: Nilsson e Riedel (2008, p. 279).

Logo, a partir dessas grandezas, é possível estabelecer as relações trigonométricas no triângulo retângulo ($P = S \cdot \cos \theta$ e $Q = S \cdot \sin \theta$), assim como o Teorema de Pitágoras ($S^2 = P^2 + Q^2$). De maneira similar, o docente pode trabalhar o conceito de *fator de potência* por meio da relação entre a potência ativa e a potência total num circuito, uma vez que “o fator de potência de um circuito é a razão entre a potência média e a potência aparente” (BOYLESTAD, 2012, p. 687), ou seja, é dado pelo cosseno de θ . Para fazer as medições das respectivas grandezas, pode utilizar os artefatos wattímetro (para medir a potência ativa), varímetro (para medir a potência reativa) e cossímetro (para medir o fator de potência), ou até mesmo buscar estes valores numa conta de luz.

Como segunda temática, o docente sugeriu *Previsão de Cargas*, que envolve o cálculo de *área e perímetro de figuras planas*. No campo de artefatos técnicos, indicou:

Requisitos da Norma NBR 5410 para Dimensionamento de Iluminação e Circuitos de Força/tomadas; Conceitos: Tomadas de Uso Geral, Pontos de Luz; Plantas Baixas; Diagramas Unifilares; Ambientes e suas dimensões

(Professor da disciplina Instalações Elétricas – resposta ao questionário, 2018).

Dessa forma, podem ser criadas atividades envolvendo situações técnico-matemáticas baseadas nas recomendações da Norma NBR 5410, que “estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens” (ABNT, 2004, p. 1). O professor tem a possibilidade, por exemplo, de disponibilizar plantas baixas de cômodos

para que os alunos calculem o número de pontos de tomada a serem instalados – a depender do tipo de cômodo e *perímetro* – e a potência de iluminação – a depender da *área* do local – verificando e seguindo as recomendações previstas no item *Previsão de carga*, constante na referida norma (ABNT, 2004, p. 12-13).

A última sugestão de tema desta disciplina foi *Dimensionamento de Condutores e Eletrodutos*, que trabalha conteúdos matemáticos como *leitura e interpretação de tabelas*, *noções gerais de funções* e *função afim*. Os artefatos técnicos e conceitos elencados foram:

Requisitos da NBR 5410 para Dimensionamento de Condutores; Gráficos e Tabelas; Fundamentos sobre o Método da Ampacidade e sobre o Método da Queda de Tensão; Condutores; Plantas Baixas, Diagramas Unifilares.

(Professor da disciplina Instalações Elétricas – resposta ao questionário, 2018).

Mais uma vez, o professor pode utilizar a NBR 5410 como artefato para trabalhar conteúdos matemáticos e temáticas técnicas, como os requisitos de dimensionamento de condutores e eletrodutos. As atividades podem ser propostas por meio de situações técnico-matemáticas em que os alunos busquem as informações necessárias na referida norma. Para tal, os estudantes desenvolvem competências de leitura e interpretação de gráficos e tabelas, ao trabalhar definições e propriedades sobre condutores, plantas baixas, diagramas unifilares, além de considerar os critérios de capacidade da corrente (ampacidade) e limite de queda de tensão.

O docente da disciplina de Microcontroladores e microcomputadores, cursada no 4º ano, propôs como primeiro tema a *Montagem e implementação de circuitos com LED*, o qual trabalha conteúdos matemáticos como *Inequações do primeiro grau*, *Progressões aritméticas*, *Estruturas lógicas* e *Matrizes*. Como artefato, sugeriu o uso do computador, mais especificamente algumas linguagens de programação, explicando:

Em diversos momentos, uma linguagem de programação – Python, C, Assembly, entre outras – pode ser utilizada para instruir um microcontrolador, um tipo de circuito elétrico programável. Em circuitos que possuem sinalizações sequenciais na forma de LED's, os alunos geram laços iterativos a partir de progressões aritméticas, sujeitos às restrições adicionais formuladas por inequações do primeiro grau. Adicionalmente, os vetores ou matrizes, na forma de uma estrutura denominada array, podem ser utilizados para controlar conjuntos de LED's de maneira sistematizada.

(Professor da disciplina Microcontroladores e microcomputadores – resposta ao questionário, 2018).

Em um segundo contato feito por e-mail, no qual o docente foi pedido para detalhar mais sua resposta, ele explica que em um semáforo, por exemplo, o acionamento das luzes indicadoras – vermelha, amarela e verde – segue um padrão preestabelecido, dado um estudo prévio do trânsito de veículos presentes nas vias locais, em que cada indicador luminoso

permanece acionado por um período, em um ciclo sequencial. Para implementar um circuito que atenda às especificações, o microcontrolador deverá acionar uma luz indicadora – passagem ou bloqueio de veículos –, contar unidades de tempo para, enfim, alternar o estado do semáforo. Ao admitir a duração de 60 segundos para a luz vermelha, uma função que computa apenas 1 segundo pode ser implementada em um laço de repetição, regido por uma progressão aritmética de razão igual a 1, com $t \leq 60$ segundos, em que t é dado pela quantidade de vezes em que a função é executada dentro do microcontrolador.

Assim, o professor pode utilizar um microcontrolador – artefato utilizado para controlar digitalmente dispositivos e processos – dentro de diversos contextos do curso técnico, como o de montagem de circuitos com LED, para trabalhar conteúdos matemáticos tais como progressões aritméticas.

A segunda proposta feita pelo professor é referente ao tema *Controle de velocidade de um motor de corrente contínua*, o qual trabalha o conteúdo de *Sistemas Lineares*, com a utilização de artefatos como o *multímetro* e o *tacômetro*:

Em microcontroladores programados para indicar a velocidade angular de um motor de corrente contínua, os alunos estabelecem relações lineares entre a velocidade de um motor e a corrente consumida por ele. Tais relações são comprovadas com o uso em conjunto de instrumentos de medida, como o multímetro e o tacômetro. O multímetro é utilizado para aferir a corrente consumida e, por sua vez, o tacômetro afere a velocidade do motor em termos de rotações por minuto.

(Professor da disciplina Microcontroladores e microcomputadores – resposta ao questionário, 2018).

Então, o docente pode elaborar uma atividade em que os estudantes utilizem o conjunto de instrumentos de medida para comprovar tal linearidade. Enquanto o multímetro, na função amperímetro, é utilizado para medir a corrente consumida, o tacômetro mede a velocidade do motor em termos de rotações por minuto. Dessa forma, ao anotar algumas correspondências entre velocidade e corrente elétrica – grandezas diretamente proporcionais, nesse caso –, o aluno poderá modelar o problema através de equações lineares, formando um sistema linear. Como explica o docente, o modelo matemático do motor é inserido no microcontrolador e, a partir da corrente consumida, a velocidade angular pode ser exibida através de um display.

Sua última sugestão de tema está relacionada ao conteúdo matemático de *função exponencial*, e trata de *Montagem e implementação de circuitos com termistores*, com o uso de artefatos como *multímetro*, *termômetro* e *termistor*. Em seu relato, explica que:

Em caso análogo ao anterior, microcontroladores podem ser programados para indicar a temperatura em um determinado ambiente ou processo industrial. Nessa situação específica, os alunos estabelecem relações exponenciais entre a resistência de um termistor – um resistor sensível à temperatura – e a temperatura em um ambiente qualquer. O microcontrolador, ao identificar uma temperatura excedente a partir da leitura da resistência do termistor, poderá desativar o processo e, assim, proteger os operadores próximos e os equipamentos.

(Professor da disciplina Microcontroladores e microcomputadores – resposta ao questionário, 2018).

O professor orienta os estudantes a utilizarem um termômetro e um multímetro na função ohmímetro, comprovando a relação exponencial entre as grandezas físicas de temperatura e resistência elétrica em um termistor, através do levantamento da curva *Temperatura x Resistência*. Desse modo, a partir dos dados coletados, o microcontrolador pode ser programado para exibir a temperatura em um display qualquer.

No Quadro 4 a seguir, foi feita uma síntese referente às três respostas detalhadas – as quais resultaram em nove propostas interdisciplinares –, com especificação da disciplina técnica relacionada, da temática técnica a ser trabalhada, do conteúdo matemático envolvido e do artefato técnico do curso profissional que pode ser utilizado (MORAIS; GITIRANA, 2022).

Nas sugestões discutidas levamos em consideração o processo de gênese instrumental do docente em relação aos recursos utilizados. Neste contexto, os professores precisam mobilizar/desenvolver esquemas para relacionar os conteúdos de ambas as áreas de forma a facilitar o aprendizado dos estudantes. Para isso, o professor de matemática precisa, também, se apropriar da temática profissional e utilizar adequadamente os artefatos referentes ao curso técnico.

Quadro 4 – Síntese das propostas interdisciplinares

Disciplina:	1ª Proposta	2ª Proposta	3ª Proposta
Fundamentos de Eletroeletrônica	<u>Temática técnica:</u> Lei de Ohm <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Função Afim <u>Artefato técnico:</u> Multímetro	<u>Temática técnica:</u> Leis de Kirchhoff <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Sistemas Lineares <u>Artefato técnico:</u> Multímetro	<u>Temática técnica:</u> Correntes Alternadas <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Funções trigonométricas <u>Artefato técnico:</u> Osciloscópio
Instalações Elétricas	<u>Temática técnica:</u> Correção de fator de potência <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Relações trigonométricas no triângulo retângulo <u>Artefato técnico:</u> Wattímetro, varímetro e cossifímetro	<u>Temática técnica:</u> Previsão de cargas <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Área e perímetro de figuras planas <u>Artefato técnico:</u> Norma NBR 5410	<u>Temática técnica:</u> Dimensionamento de condutores e eletrodutos <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Leitura e interpretação de gráficos e tabelas <u>Artefato técnico:</u> Norma NBR 5410
Microcontroladores e microcomputadores	<u>Temática técnica:</u> Montagem e implementação de circuitos em LED <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Progressão Aritmética <u>Artefato técnico:</u> Microcontrolador	<u>Temática técnica:</u> Controle de velocidade de motor de corrente contínua <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Sistemas Lineares <u>Artefato técnico:</u> Multímetro e tacômetro	<u>Temática técnica:</u> Montagem e implementação de circuitos com termistores <u>Conteúdo</u> <u>Matemático:</u> Função exponencial <u>Artefato técnico:</u> Multímetro, termômetro, termistor

Fonte: A autora (2020).

Diante das nove propostas de temáticas descritas, referentes às três disciplinas analisadas, optamos pela primeira delas – a qual utiliza a Lei de Ohm para trabalhar o conteúdo de função afim – para utilizar na formação interdisciplinar. O principal critério utilizado foi o momento em comum em que os assuntos são abordados – no 1º semestre do 1º ano do curso –, tanto nas disciplinas técnicas quanto na matemática. Ademais, a disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica representa o primeiro contato que o aluno tem com o curso técnico – junto com a disciplina Instrumentos de Medidas, de caráter mais prático, cursada também no primeiro ano

–, além de ser o multímetro um artefato básico e essencial da profissão, e de manuseio relativamente simples.

4.3 Conclusões do estudo inicial

Após esta análise, concluímos que apesar de haver uma necessidade de repensar a organização do currículo das disciplinas técnicas e matemáticas do curso, várias perspectivas de integração entre elas já podem ser visualizadas. Com o propósito de usufruir do diferencial que a modalidade de ensino técnico integrado ao médio oferece, os professores têm a possibilidade de utilizar as temáticas e artefatos específicos das disciplinas profissionais para facilitar o aprendizado dos conteúdos matemáticos por seus estudantes.

Claramente, para que isto seja possível, devem dominar não só as temáticas matemática e técnica, mas também os artefatos que irão utilizar, e ser capazes de estabelecer conexões entre os diferentes conhecimentos, o que demanda uma formação adequada. É neste sentido que desenvolvemos uma formação interdisciplinar para estes profissionais a respeito do Modelo da OI, levando em conta o contexto do ensino técnico integrado.

5 FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR – PRIMEIRA VERSÃO

A proposta escolhida como base da formação interdisciplinar envolve o uso de artefatos técnicos próprios do ensino profissional. Neste sentido, discute-se aqui, em uma primeira seção, a diferença entre inserir e integrar ferramentas tecnológicas como recursos educacionais, com foco no contexto do ensino técnico integrado ao médio. Na seção seguinte, discorre-se sobre o conteúdo matemático a ser trabalhado – função afim –, assim como sua relação com a temática da área técnica – a Lei de Ohm. Na sequência, apresenta-se o contexto em que a formação interdisciplinar surgiu, além de seu objetivo geral e a metodologia utilizada, com descrição dos sujeitos participantes e seu *design*. Em seguida, uma vez que, inspirada na MOI, a referida formação é composta por uma sequência de orquestrações instrumentais, detalhamos cada uma das OI, com especificação de seus objetivos e do instrumento de coleta de dados, e uma análise de suas performances didáticas. Por fim, discute-se as conclusões oriundas de tais análises.

5.1 Inserção x integração de ferramentas tecnológicas como recursos educacionais – Especificidades do Ensino Técnico Integrado

A evolução da tecnologia vem exercendo influência em diversos setores da sociedade, em particular no educacional. Mais especificamente no campo da Educação Matemática, Bittar (2011, p. 158) afirma que “diversas investigações realizadas nos últimos trinta anos mostram que a tecnologia pode contribuir de diferentes modos com o processo de ensino e aprendizagem da Matemática”. Entretanto, o que pode parecer uma simples inserção, na verdade é um processo bastante complexo.

Antes de tudo, há uma grande diferença entre *inserir* e *integrar* ferramentas tecnológicas como recursos educacionais. Utilizar estes recursos de maneira desconectada e sem sintonia com a sequência didática trabalhada em sala de aula caracteriza uma simples inserção, enquanto a utilização destas ferramentas em harmonia com os demais recursos, de forma a contribuir com o processo de ensino e aprendizagem do aluno, caracteriza-se como uma integração (BITTAR, 2011).

Ao trazer a questão para o universo da educação profissional – em especial a modalidade de ensino técnico integrado ao médio –, a nossa proposta de utilizar artefatos próprios de disciplinas técnicas do curso no ensino da matemática acarreta algumas preocupações. Primeiramente, o que seria inserir e/ou integrar o artefato, no referido contexto interdisciplinar?

Obviamente, é essencial que o docente saiba manusear o artefato, que conheça suas funcionalidades. Na proposta em questão, precisa saber utilizar um multímetro, sua fonte de alimentação, resistores etc., realizando medições com a devida segurança e de maneira correta. Esse requisito é necessário para que consiga *inserir* o artefato em suas aulas. Entretanto, não é suficiente para *integrá-lo*. Para tal, ele precisa propor situações em que estes artefatos estejam relacionados ao conteúdo matemático estudado, de forma que auxiliem a compreensão do aluno sobre o tema. Segundo Bellemain e Trouche (2016, p. 5), apesar de o professor dispor de situações matemáticas e artefatos para alcançar seus objetivos de aprendizagem, “lhe falta, em geral, meios de integrar esses artefatos para executar situações matemáticas na sala de aula”. Neste cenário, trazemos duas reflexões, ainda no contexto de nossa proposta: como o professor pode planejar uma situação em que a utilização do multímetro retrate casos de funções lineares, de forma que clarifique as propriedades deste tipo de função aos seus estudantes? O que é preciso para que esteja capacitado a fazê-lo?

De acordo com Lucena, Gitirana e Trouche (2018, p. 8, grifo nosso),

A integração de tecnologias digitais exige do professor: **formação, planejamento, prática e reflexão** sobre esta. Não basta conhecer as funcionalidades do artefato, saber manuseá-lo, ou seja, instrumentalizar-se. É preciso fazer uso integrado deste, de forma que se favoreça o ensino e a aprendizagem. E isto só é possível quando os artefatos passam a ser instrumentos para o professor, aproveitando-se suas potencialidades – gênese instrumental.

Sendo assim, é imprescindível que o professor tenha a devida *formação* para ser capaz de *integrar* artefatos próprios do ensino técnico em suas aulas. Não basta se instrumentalizar, saber as funcionalidades do artefato. Ele precisa propor situações em que o uso daquele artefato facilite o aprendizado do conteúdo matemático em questão, provocando um diferencial no ensino. Em suma, ele precisa completar seu processo de gênese instrumental.

Pensando nos níveis em que Rabardel (1995) destrincha os esquemas de utilização, podemos entender que o processo de *instrumentalização* mobilizaria seus *esquemas de uso*, no que concerne aos requisitos essenciais para *inserção* do artefato. Já a sua *integração* exigiria do professor esquemas do nível de *ação instrumentada*, necessários para completar sua gênese instrumental, neste contexto.

O modelo da OI foi desenvolvido para servir de ferramenta para auxiliar a compreensão da atividade do professor de matemática na *integração*, de fato, de tecnologias digitais em sua prática. Pretendemos, com a nossa formação, adaptá-lo para que sirva de suporte a professores de matemática e de eletroeletrônica na *integração* de recursos próprios do ensino profissional e da matemática, de maneira interdisciplinar.

5.2 O ensino da Função Afim

Tradicionalmente, o estudo mais aprofundado do conteúdo de funções é feito no 1º ano do Ensino Médio. O professor de matemática se depara com várias possibilidades de apresentação deste tema aos estudantes: utilizando contextos de situações cotidianas; trabalhando a relação e correspondência entre grandezas, observando o padrão de suas taxas de variações; conectando diversas formas de representação de uma função (fórmulas algébricas, gráficos, tabelas, diagramas); pares ordenados; etc. Pesquisadores acreditam que essa variedade de definições acarreta desafios na aprendizagem do conceito de funções (HONG; CHOI, 2018). É também um desafio para o docente mesclar essas perspectivas de maneira que o assunto trabalhado faça sentido para o aluno.

Como afirmam Silva e Andrade (2011), muitas vezes essa temática é apresentada de maneira demasiadamente formal, o que pode dificultar o processo de aprendizagem por não trazer em sua essência a noção que de fato motivou sua criação: “a relação de variação entre grandezas em fenômenos do mundo natural ou social” (SILVA; ANDRADE, 2011, p.3). O professor deve ter cuidado para não dar um enfoque exacerbado nos aspectos meramente algébricos da função, ou apresentá-la em um contexto de correspondência estática entre os valores de suas abscissas e ordenadas, em vez de construir o conceito num cenário mais dinâmico, como através de situações-problema, da realização de análises do comportamento da função por meio de mudanças em seus parâmetros e coeficientes etc. (SILVA; ANDRADE, 2011).

Assim, o modo como é feito o contato inicial dos alunos com as funções matemáticas é de extrema importância no processo de ensino e aprendizagem. O mesmo se dá com as noções de função inversa e composta, além das famílias de funções trabalhadas posteriormente: afim, quadrática, modular, exponencial, logarítmica e trigonométrica.

No presente estudo, focamos no ensino da Função Afim, também conhecida como função polinomial do primeiro grau, sendo normalmente a primeira família de funções a ser estudada. Geralmente, a definição formal encontrada nos livros didáticos é do tipo “Uma função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ chama-se **função afim** quando existem dois números reais a e b tal que $f(x) = ax + b$, para todo $x \in \mathbb{R}$.” (DANTE, 2016, p. 75). Neste contexto, a referida função apresenta comportamento linear, sendo seu gráfico representado por uma reta. O termo a é o *coeficiente angular* da função, indicando o ângulo entre a reta e o eixo das abscissas, e o termo b seu *coeficiente linear*, que indica onde a reta encontra o eixo das ordenadas. A função classificada como **linear**, por sua vez, é um tipo particular de função afim, e é dada pela forma

$f(x) = ax$, ou seja, o coeficiente b é nulo, logo a reta da função sempre passa pela origem do plano cartesiano $(0, 0)$.

Ainda que alguns professores, e até livros didáticos, optem por apresentar o conteúdo de função afim a partir de uma situação cotidiana, o foco em suas fórmulas algébricas e definições formais muitas vezes ganha destaque no processo de ensino, o que pode ofuscar o real sentido de correspondência e dependência entre grandezas. Segundo Hong e Choi (2018, p. 4, tradução nossa),

Para entender uma função afim², é importante saber como duas quantidades estão relacionadas entre si; no entanto, os estudantes geralmente adquirem apenas uma visão restrita das funções, limitada a equações e regras simbólicas, em vez de uma compreensão que permita um pensamento flexível sobre como diferentes quantidades estão relacionadas.

Para não estimular essa visão restrita por parte do aluno, o docente deve se ater a alguns aspectos relativos ao conteúdo em questão. Em seu estudo comparativo sobre o conteúdo de funções afins em livros didáticos, Mellor, Clark e Essien (2018) selecionam os seguintes critérios: a maneira como o tópico promove conhecimentos conceituais e procedimentais; como se dão as múltiplas formas de representação de funções; e os links estabelecidos entre funções afins e o mundo real.

Como explicam os autores, enquanto os conhecimentos conceituais envolvem conceitos ligados a situações corriqueiras, e que dependem do desenvolvimento de vínculos e relacionamentos, os conhecimentos procedimentais são aprendidos por rotina e procedimentos. No estudo da função afim, é fundamental que ambos os tipos de conhecimentos sejam estimulados e desenvolvidos pelos estudantes, de maneira complementar.

Quanto às diferentes formas de representação, vários estudos relatam a importância da capacidade de conversão entre elas. Duval (1993) discorre sobre o assunto em sua Teoria dos Registros de Representação Semiótica, considerando esta competência um verdadeiro desafio da educação matemática. Para ele, o entendimento conceitual de um conceito matemático só é possível quando o sujeito é capaz de lidar com ao menos duas representações deste conceito, e realizar conversões entre as duas representações. Segundo o autor, é somente neste caso que o sujeito consegue diferenciar características do conceito e aquelas que pertencem à representação. Com apenas uma representação, esses dois conhecimentos permanecem imbricados.

² Embora o termo original seja 'linear function', optamos por traduzi-lo como 'função afim', já que se refere a qualquer função com comportamento linear, isto é, cujo gráfico é uma reta. Neste contexto, 'linear function' pode ser entendida como uma função polinomial do 1º grau, diferentemente do termo 'função linear', que é um caso particular da função afim.

Ceuppens *et al.* (2018) chamam de *fluência representacional* a capacidade de interpretar e construir representações e de traduzir entre elas. Para os autores, trata-se de uma tarefa fundamental na aprendizagem e na solução de problemas. Para Hong e Choi (2018, p. 4, tradução nossa), “a incapacidade dos alunos de converter uma representação em outra é uma das razões que os impede de entender os conceitos de função”. Mellor, Clark e Essien (2018) afirmam que criar vínculos entre as várias representações ajuda a desenvolver o significado matemático. Para eles, muitas vezes os alunos têm dificuldade em vinculá-las, o que pode resultar em uma compartimentalização do conhecimento, não sendo integrado a um entendimento conceitual coerente de função.

Ademais, o uso de contextos que relacionem o conteúdo ao mundo real é imprescindível. “Ao usar material instrucional conectado à realidade, espera-se que a matemática seja ‘imaginável’, para que possa permanecer próxima das experiências dos alunos e ser percebida como relevante para a sociedade” (MELLOR; CLARK; ESSIEN, 2018, p. 3, tradução nossa). Entretanto, os autores acreditam que embora esses tipos de links de funções afins com situações reais tenham o potencial de estimular o entendimento conceitual dos alunos a respeito do referido tema, eles não contribuem, necessariamente, para a compreensão dos alunos sobre o valor das funções com comportamento linear, e como estas relações funcionais se manifestam, de fato.

É neste contexto que propomos a articulação do conteúdo função afim com a realidade do curso técnico do estudante – mais especificamente o curso integrado de eletroeletrônica – em interdisciplinaridade com a temática *Lei de Ohm* e a utilização do multímetro e todo seu conjunto de artefatos na elaboração de situações técnico-matemáticas.

5.3 Função afim e Lei de Ohm

Nesta subseção, discutiremos a respeito de algumas possíveis relações estabelecidas entre função afim e Lei de Ohm, com sugestões iniciais ao professor do ensino técnico no que concerne à preparação de sua aula, numa perspectiva de integração do conteúdo matemático com o curso técnico em questão.

A Lei de Ohm enuncia que, a uma mesma temperatura, o quociente entre a tensão aplicada e a respectiva intensidade de corrente elétrica é uma constante específica do resistor, caracterizando sua *resistência* (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2009). Assim, um resistor nessas condições – denominado *resistor ôhmico* – possui resistência constante e intensidade de corrente elétrica proporcional à sua tensão. Sendo R sua *resistência*, medida em *Ohm*, V sua

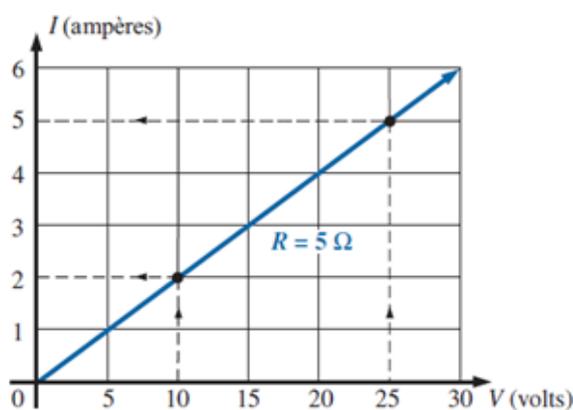
tensão (ou diferença de potencial elétrico – ddp) medida em *Volts*, e **I** a intensidade da *corrente elétrica*, medida em *Ampère*, então:

$$V = R \cdot I \text{ ou } I = V/R$$

Ainda segundo Ramalho, Nicolau e Toledo (2009, p. 118), “um resistor ôhmico é também chamado **condutor linear**”, uma vez que a função estabelecida entre sua ddp (tensão) e sua corrente elétrica é linear, que nada mais é do que um caso particular da função afim. Então, o docente pode retratar casos de funções lineares utilizando exemplos de variações entre tensão e corrente em condutores ôhmicos. De acordo com a relação estabelecida, o coeficiente angular da função afim – que é constante – está relacionado à resistência do condutor, restando as grandezas *tensão* e *corrente* para compor as abscissas e ordenadas da função.

Como afirma Boylestad (2012, p. 85), “a corrente é uma reação à tensão aplicada, e não o fator que coloca o sistema em movimento”. Sendo assim, a corrente elétrica de um condutor é expressa em função de sua tensão. Na abordagem matemática, a grandeza que determina o comportamento da outra é representada no eixo das abscissas. Então, tratando-se do gráfico que representa a Lei de Ohm, a intensidade da corrente elétrica pode ser representada no eixo das ordenadas, e a tensão no eixo das abscissas, sendo $I = \frac{1}{R} \cdot V$ (Figura 8).

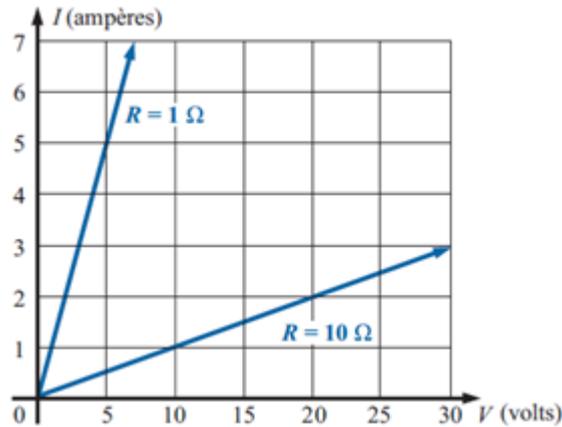
Figura 8 – Exemplo de gráfico da lei de Ohm



Fonte: Boylestad (2012, p. 87).

Neste caso, o coeficiente angular da função afim é dado por I/R , ou seja, a intensidade da corrente é inversamente proporcional à resistência elétrica. Em outras palavras, quanto maior for a resistência do condutor, menor será a intensidade da corrente elétrica (Figura 9). Esta é uma consequência da própria definição de resistência elétrica, que representa a capacidade do material de se opor à passagem da corrente elétrica.

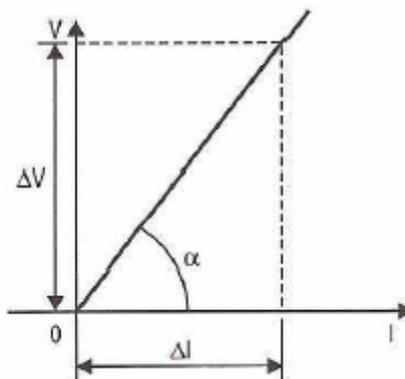
Figura 9 – Gráficos para diferentes resistências



Fonte: Boylestad (2012, p. 87).

Também é possível expressar a tensão do resistor em função de sua corrente elétrica, na forma $V = R \cdot I$. Este tipo de abordagem é comum em alguns livros técnicos, a depender do contexto e do foco em questão. Neste caso, o coeficiente angular da função é a própria resistência R , que é dada pela tangente do ângulo α (Figura 10).

Figura 10 – Exemplo de gráfico da Lei de Ohm



Fonte: Capuano (1995, p. 27).

Outra conexão entre as temáticas técnicas e matemáticas que pode ser estabelecida é relativa ao domínio da função, aqui representado pela tensão elétrica do resistor. Existe um valor máximo de tensão a que se pode submeter um componente sem que ele queime ou altere suas propriedades, o qual está diretamente ligado à potência máxima que ele pode dissipar (BOYLESTAD, 2012). A potência elétrica (P) de um aparelho é relativa à sua capacidade de transformar energia elétrica em outro tipo de energia, e é dada pelo produto de sua tensão pela corrente: $P = V \cdot I$. Substituindo $I = \frac{V}{R}$ na equação, obtém-se que $P = \frac{V^2}{R}$ ou $V = \sqrt{P \cdot R}$. Logo, a máxima tensão suportada pelo resistor pode ser calculada a partir dos seus valores de potência e resistência. No presente contexto, o comportamento linear da função está garantido

até esse valor, podendo este intervalo (de zero até a tensão máxima) ser traduzido como o domínio da função.

Para auxiliar a construção do gráfico da função, o professor pode utilizar um *multímetro*, o qual incorpora pelo menos três instrumentos de medições elétricas: voltímetro, amperímetro e ohmímetro (Figura 11).

Figura 11 – Algumas funcionalidades de um multímetro



Fonte: A autora (2020).

Uma maneira de fazer as medições é selecionar o voltímetro para mensurar a tensão do condutor para diferentes intensidades de corrente, a uma dada resistência, observando e registrando o comportamento do gráfico, que se caracteriza como uma função linear da forma:

$$V = R \cdot I$$

Posteriormente, o professor também pode, em funções similares, selecionar o amperímetro para medir a intensidade da corrente elétrica para diferentes tensões, caracterizando o comportamento de sua função inversa. Sendo a atividade realizada por um docente da área de matemática, seria interessante o apoio de um professor da área técnica do curso ou de um técnico de laboratório, oferecendo a devida supervisão competente.

Desta forma, o conteúdo matemático pode ser articulado com o conteúdo técnico, gerando a possibilidade de aprender conceitos gerais a partir de problemas específicos. A modalidade de ensino integrado traz este diferencial, como é discutido em seu documento base:

No ensino médio integrado à educação profissional esses problemas podem ser aqueles que advêm da área profissional para a qual se preparam os estudantes. Mesmo que os processos de produção dessas áreas se constituam em partes da realidade mais completa, é possível estudá-los em múltiplas dimensões, de forma que, para compreendê-los, torna-se necessário recorrer a conhecimentos que explicam outros fenômenos que tenham o mesmo fundamento. Portanto, a partir de questões específicas pode-se necessitar de conhecimentos gerais e, assim, apreendê-los para diversos fins além daqueles que motivaram sua apreensão (BRASIL, 2007, p 51).

Portanto, a partir da comunicação entre docentes de diferentes áreas, surge um leque de opções e ideias de como integrar as disciplinas de maneira interdisciplinar, usufruindo das vantagens que a modalidade de ensino integrado pode oferecer.

5.4 Metodologia do estudo da formação interdisciplinar

A presente formação foi desenvolvida para formar professores de matemática e eletroeletrônica do ensino técnico quanto ao modelo da Orquestração Instrumental, com discussão de seus elementos e seu uso em uma perspectiva interdisciplinar. Contamos com a colaboração dos docentes da área técnica para auxiliar os professores de matemática a relacionar situações, temáticas e artefatos próprios do curso técnico a conteúdos matemáticos.

No decorrer do planejamento da formação, percebemos similaridades com o modelo da Metaorquestração Instrumental (MOI), de Lucena (2018), uma vez que pretendíamos formar professores de matemática a respeito do modelo teórico da OI a partir da vivência de uma sequência de orquestrações, ainda que em uma perspectiva interdisciplinar relativa ao ensino técnico. Neste contexto, a formação foi inspirada na MOI, com aproveitamento de algumas de suas características.

5.4.1 Objetivo geral da formação interdisciplinar

Elaborar e testar um modelo de formação interdisciplinar que leve em consideração as especificidades do ensino técnico integrado.

5.4.2 Sujeitos

Esta formação foi planejada para ser vivenciada presencialmente por uma equipe interdisciplinar composta por professores de eletroeletrônica e de matemática do ensino técnico profissional, incluindo a pesquisadora. A fim de facilitar a identificação de cada sujeito da orquestração instrumental, os chamamos da seguinte maneira: os professores de eletroeletrônica de E_1 (o que conduziu a primeira OI) e E_2 ; a formadora de F (professora pesquisadora); e os

demais professores de matemática de M_1 e M_2 (dupla 1), M_3 e M_4 (dupla 2), M_5 e M_6 (dupla 3)³.

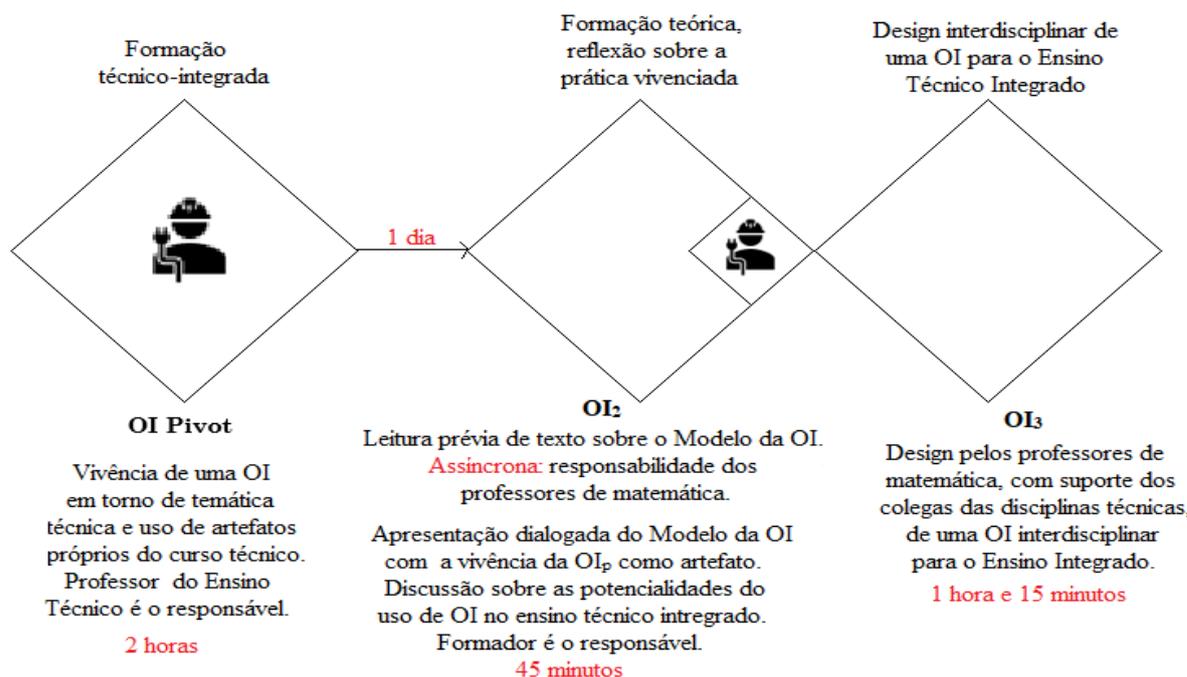
5.4.3 Design da formação interdisciplinar

Esta formação interdisciplinar consiste em uma sequência de três orquestrações instrumentais, cujo design está representado na Figura 12. Optamos por nomear a primeira orquestração de OI *pivot* (OI_p), devido à sua relevância na formação. Como explica Lucena (2018) ao nomear desta forma uma das OI da MOI, o nome francês *pivot* traz a ideia de sustentáculo. A seguir, descrevemos cada uma delas:

- 1) **OI_p** : elaborada e ministrada por docente da área técnica, objetiva formar os professores de matemática a respeito de conhecimentos e artefatos técnicos característicos do curso profissional, capacitando-os a integrá-los ao conteúdo matemático. Aqui, os professores da área técnica são os formadores, a pesquisadora assume papel de observadora e a vivência da OI é centrada nos professores de matemática.
- 2) **OI_2** : elaborada e conduzida pela pesquisadora (a qual assume o papel de formadora), objetiva formar os professores a respeito do Modelo da OI, capacitando-os a construir suas próprias OI interdisciplinares. Sua vivência é centrada na formadora.
- 3) **OI_3** : planejada pela formadora, objetiva propiciar aos professores de matemática espaço e estrutura para criarem sua OI interdisciplinar, com auxílio dos docentes da área técnica. Após instruções dadas pela formadora, sua vivência é centrada nos professores de matemática.

³ Quando nos referimos aos ‘professores de matemática’ na descrição e análise da MOI interdisciplinar, não estamos incluindo a pesquisadora, que aqui assume exclusivamente o papel de formadora.

Figura 12 – Design da formação interdisciplinar



Fonte: A autora (2020).

As três orquestrações propostas são sequenciadas, acontecendo em tempos distintos: em um primeiro dia, a vivência da OI_p; e no dia seguinte as vivências das OI₂ e OI₃, consecutivamente. A OI₂ faz articulação entre a prática vivenciada na OI_p e o estudo teórico do modelo da OI, com leitura prévia de um artigo pelos professores de matemática. Já a OI₃ articula as demais orquestrações, a partir de uma produção baseada nas vivências anteriores.

5.4.4 Detalhamento das OI

Nesta seção são detalhadas cada uma das orquestrações que compõem a formação interdisciplinar, com especificação dos objetivos pretendidos com a orquestração instrumental; a situação a ser proposta e seus objetivos; a configuração didática; o modo de execução e a análise *a priori* de cada OI. Ainda que a pesquisa já tenha sido realizada, o planejamento das orquestrações é feito no tempo futuro, uma vez que o previsto não corresponde, necessariamente, ao vivenciado.

5.4.4.1 OI pivot presencial

Para diferenciar esta OI *pivot* da proposta na MOI interdisciplinar (capítulo 6), a chamaremos de OI_p presencial, uma vez que a outra ocorreu de forma on-line. Sendo elaborada principalmente por E₁, com algumas contribuições de F, é ministrada pelo docente de eletroeletrônica. Tem como objetivo formar os professores de matemática a respeito de

conhecimentos e artefatos técnicos característicos do curso profissional (técnico em eletroeletrônica), buscando capacitá-los a integrar tais recursos a conteúdos matemáticos; além de servir como exemplo de uma orquestração instrumental para discussão na OI₂.

A escolha do docente E₁ como ministrante se deu devido à sua formação (graduação e mestrado em Engenharia Elétrica) – uma vez que para a elaboração da OI era necessário um domínio de conhecimentos específicos da área profissional – e por trabalhar no *campus* da instituição onde o estudo é realizado. Ademais, o referido docente é doutor em Educação Matemática e Tecnológica, estando familiarizado com o Modelo da OI. Na implementação da OI_p, E₁ contou, também, com a colaboração de outro docente (E₂) da área profissional do *campus*, o qual foi convidado pela pesquisadora por ter contribuído ativamente com o levantamento dos dados na primeira etapa metodológica desta pesquisa.

Com o objetivo de proporcionar à formadora um melhor entendimento das particularidades da área técnica de eletroeletrônica, além de testar algumas opções de possíveis artefatos a serem utilizados e ter uma noção de tempo de duração da OI, E₁ achou relevante planejar e implementar uma espécie de piloto da OI_p, o qual nomeamos de *Oficina para a OI pivot*. Com duração de aproximadamente três horas, sua implementação se deu em novembro de 2019, na UFPE⁴, sendo conduzida por E₁ e vivenciada por mais seis integrantes do grupo de pesquisa GERE⁵, incluindo a pesquisadora, autora desta pesquisa. Os principais pontos desta oficina serão apresentados na configuração didática da OI_p, a qual compõe, e sua descrição detalhada é feita no Apêndice D.

5.4.4.1.1 A situação técnico-matemática

Uma vez que o cerne da nossa pesquisa é a interdisciplinaridade, a situação proposta na OI_p é de natureza técnico-matemática. Além da habilidade dos sujeitos no manuseio dos artefatos, é na capacidade de relacionar os conteúdos de ambas as áreas do conhecimento que a gênese instrumental dos docentes receberá destaque, ratificando a relevância da orquestração instrumental no processo. Ainda levando em conta a característica interdisciplinar da situação, embora tenha sido elaborada por E₁ na Oficina para a OI_p, nesta OI sofre adaptações feitas por F, a fim de contemplar, também, os objetivos matemáticos e de pesquisa.

Será proposta a seguinte situação técnico-matemática: construir um gráfico de tensão x corrente de dois condutores ôhmicos distintos, utilizando os artefatos técnicos disponibilizados

⁴ Universidade Federal de Pernambuco.

⁵ Grupo de Estudos em Recursos para a Educação (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5761903387681451>).

(bancada, fonte de alimentação, multímetro, resistores, protoboard, cabos de conexão, etc.), dentro do intervalo da máxima tensão suportada pelos resistores.

Por demandar habilidades que, a princípio, os professores de matemática ainda não possuem, a situação será apresentada no decorrer da vivência da orquestração instrumental. Seu objetivo é que eles consolidem o que foi apresentado e ensinado por E_1 e E_2 , sendo capazes de utilizar adequadamente os artefatos profissionais em questão e estabelecer as devidas conexões com o conteúdo matemático trabalhado.

5.4.4.1.2 Configuração didática da OI *pivot* presencial

Como especificado no início da seção, a configuração didática da OI *pivot* foi adaptada da Oficina para a OI_p (descrita no Apêndice D), cujo planejamento foi feito por E_1 a partir das demandas repassadas por F. A oficina ocorreu em uma sala da UFPE, para onde E_1 levou os artefatos utilizados⁶: resistores, *protoboards*, cabos, fontes de alimentação, multímetros, diodos e maleta experimental. A implementação foi gravada em vídeo por F. Esse registro serviu para auxiliar a formadora na descrição inicial desta configuração didática, a qual foi posteriormente complementada e ajustada por E_1 .

A gestão das tecnologias

A OI_p será vivenciada em um laboratório de eletroeletrônica do IFPE Garanhuns, o qual já é munido de artefatos utilizados na formação do curso técnico. Estruturado em bancadas duplas, o laboratório também possui computadores, quadro branco e data show. O ministrante projetará slides no quadro branco, onde também utilizará piloto para fazer cálculos e anotações. As bancadas a serem utilizadas pelos participantes já estarão equipadas com adequada organização dos artefatos necessários à formação: multímetro, fonte de alimentação, cabos, *protoboards*, resistores etc.

No início da vivência, a formadora entregará a cada professor de matemática, em papel impresso, a programação da formação e a situação técnico-matemática a ser proposta. Ademais, também constará um material elaborado por E_1 que trata da parte teórica relativa à temática técnica a ser discutida no decorrer da execução da OI.

A gestão dos sujeitos

A OI_p será vivenciada por oito professores do campus, sendo dois de eletroeletrônica e seis de matemática (estes últimos compunham, na época da formação, todo o quadro de

⁶ Detalhes referentes a esses artefatos, como imagens e funcionalidades, e a justificativa de escolha de quais deles serão utilizados na OI_p, são descritos no Apêndice D.

docentes de matemática do campus). Também estarão presentes a formadora – responsável pelo registro – e um colaborador para auxiliar na gravação da vivência.

A OI será conduzida por E_1 (ministrante), quem a elaborou. Na frente da sala, utilizará slides e quadro branco para explicações teóricas e orientações quanto ao uso dos artefatos. Enquanto isso, E_2 (auxiliar) dará o suporte necessário, tanto ao ministrante quanto aos demais participantes na resolução das tarefas (tirar dúvidas, orientar sobre o manuseio dos artefatos, buscar algum material fora da sala, etc.). Os professores de matemática estarão dispostos em duplas, ocupando 3 das bancadas do laboratório (Figura 13). Cada bancada é munida de uma fonte de alimentação e um multímetro. Os demais artefatos utilizados serão entregues aos professores de matemática no decorrer da vivência.

Figura 13 – Design da configuração didática da OI pivot



LEGENDA:

- celular para gravar interação entre as duplas
- formadora
- colaborador
- dupla 1: M_1 e M_2
- dupla 2: M_3 e M_4
- dupla 3: M_5 e M_6

Fonte: A autora (2020).

A gestão do tempo

Toda a vivência da OI deverá ter duração de 2 horas, sendo 20 minutos destinados à resolução da situação técnico-matemática, no decorrer da vivência.

Quadro 5 – Descrição da previsão da sequência de ações por E₁

N	Ação de E ₁
1	Explicar os conceitos fundamentais de eletricidade; construção de circuitos elétricos básicos; definir Lei de Ohm e grandezas envolvidas
2	Apresentar a estrutura do laboratório, como e em que momento normalmente o conteúdo é trabalhado com os estudantes (disciplina Instrumentos de Medidas), apresentar os artefatos a serem utilizados
3	Falar sobre resistores: o que são e sua variação de propriedades (entregar alguns resistores aos participantes)
4	Explicar como calcular a resistência de um resistor por meio do seu código de cores, solicitando aos participantes que realizem o cálculo referente aos resistores entregues
5	Falar sobre <i>protoboard</i> , circuito, curto-circuito e orientar os participantes sobre como conectar os resistores ao <i>protoboard</i>
6	Explicar as características do multímetro: <i>layout</i> , como utilizá-lo com segurança, artefatos relacionados, funcionalidades, como utilizar a chave central, etc.
7	Solicitar aos participantes que calculem o valor da resistência de um dos resistores dados utilizando o multímetro (na função ohmímetro) e comparem com o valor calculado por meio do código de cores
8	Explicar como Ohm realizou seu experimento e falar de desdobramentos de sua lei: máxima tensão suportada por um resistor e o que isso implica em sua linearidade (indicar as fórmulas para cálculo envolvendo tensão, potência, corrente e resistência elétricas)
9	Explicar/orientar os docentes a como manusear a fonte de alimentação, terminais, como foi feito por Ohm, como fechar o circuito
10	Falar dos diferentes modelos de multímetro e explicar como selecionar a escala adequada antes de realizar as medições
11	Discutir o significado matemático das grandezas elétricas, no contexto de função
12	Mostrar como conectar as pontas de prova e como testar o multímetro, com supervisão das duplas para que testem seus respectivos artefatos
13	Orientar os docentes a como fazer medições de corrente, usando o multímetro no modo amperímetro, a partir da seleção de diferentes valores de tensão
14	Apresentar a situação técnico-matemática proposta, solicitando a cada dupla que tente resolvê-la utilizando o multímetro para medir corrente
15	Falar da correlação entre Lei de Ohm e função afim, e como simular uma situação de função afim não linear
16	Orientar os docentes a como fazer medições de tensão, usando o multímetro no modo voltímetro, a partir da seleção de diferentes valores de corrente e adicionando uma fonte ao circuito (ditando passo a passo enquanto os docentes fazem as medições) a fim de simular uma função afim não linear
17	Solicitar a cada dupla que apresente os resultados obtidos e comparem com as demais, discutindo as conclusões obtidas.

Fonte: elaborado pela autora.

No Quadro 5 acima explicitamos a previsão da sequência de ações pelo ministrante da orquestração instrumental.

5.4.4.1.3 Modo de execução da OI pivot presencial

A condução da orquestração instrumental será feita por E_1 , que utilizará slides e quadro branco, guiando os participantes com explicações iniciais teóricas. Para orientações a respeito dos artefatos, que já estarão localizados nas bancadas, terá em mãos um multímetro, a fim de apontar e explicar suas funcionalidades (Figura 11). O outro professor de eletroeletrônica (E_2) ficará no suporte, complementando com as informações que julgar necessárias. Também ficará responsável por atualizar os participantes que chegarem atrasados, quanto ao que já tiver sido exposto por E_1 , antes que se juntem ao resto do grupo. Durante as atividades e resolução da situação proposta, E_1 e E_2 auxiliarão as duplas, garantindo sua segurança no manuseio dos artefatos e esclarecendo as dúvidas que surgirem.

Todo o momento de vivência será documentado por gravação de vídeo, com uma câmera para a sala toda, e gravações à parte serão feitas nas bancadas dos professores de matemática, a fim de registrar a interação das duplas para posterior análise.

5.4.4.1.4 Análise a priori da OI_p presencial

A situação proposta nesta OI é de natureza técnico-matemática. Uma vez que os docentes participantes já dominam o conteúdo matemático, o intuito é de abordar temas relativos ao curso técnico em conexão com o matemático, possibilitando aos docentes trabalhá-los, futuramente, de maneira integrada. Ademais, a vivência da OI_p objetiva favorecer a instrumentalização e instrumentação dos professores de matemática quanto aos artefatos do curso profissional, e servir de exemplo de uma orquestração instrumental interdisciplinar, a partir do surgimento de elementos do modelo da OI neste contexto. Assim, buscamos prover ações que contemplem esses objetivos.

A fim de facilitar a análise da gênese instrumental dos docentes, distribuimos essas ações em três categorias de gênese (Quadro 6): quanto aos artefatos do curso profissional; quanto às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos; e quanto ao potencial de exemplificação dos elementos do Modelo da OI num contexto interdisciplinar.

Quadro 6 – Síntese das categorias para análise da gênese instrumental na OI_p presencial

i. Artefatos Profissionais	A. Cálculo da resistência de resistores por meio do código de cores
	B. Utilização do multímetro (e demais artefatos relacionados) em um contexto de associação da Lei de Ohm à função linear
	C. Influência das potencialidades e limitações dos artefatos no aprendizado dos sujeitos
ii. Conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos	A. Relação entre Lei de Ohm e função linear
	B. Relação entre a máxima tensão elétrica suportada por um resistor e o domínio de uma função
	C. Relação entre resistência elétrica e coeficiente angular da função afim
	D. Obtenção de uma função afim não linear
iii. Modelo da OI em contexto interdisciplinar	A. Relação entre artefato e instrumento
	B. Ações instrumentadas
	C. Processos de instrumentação e instrumentalização
	D. Percepção da necessidade do conhecimento técnico para manusear os artefatos, resolver a situação técnico-matemática, e relacionar os conhecimentos de ambas as áreas
	E. Interações do professor de matemática com os de eletroeletrônica, e entre as duplas, na resolução das tarefas ou participação na vivência

Fonte: A autora (2020).

A seguir, detalharemos cada uma delas:

i) Artefatos profissionais:

- A.** Cálculo da resistência de resistores por meio do código de cores: familiarização do professor de matemática com o artefato (resistor) e alguns conceitos de elétrica (resistência, potência, tensão, corrente) ao calcular o valor de sua resistência.
- B.** Utilização do multímetro (e demais artefatos relacionados) em um contexto de associação da Lei de Ohm à função linear: familiarização do professor de matemática com os artefatos técnicos; habilidade de medir corrente elétrica do resistor a partir de valores de tensão, a fim de construir gráfico da função.

- C. Influência das potencialidades e limitações dos artefatos nos aprendizados dos sujeitos: como as particularidades dos artefatos atrapalharam ou ajudaram o professor de matemática em relação ao aprendizado do conteúdo técnico em jogo.

ii) Conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos:

- A. Relação entre Lei de Ohm e função linear: discussão sobre as condições das grandezas elétricas estudadas na Lei de Ohm para que a função associada seja linear.
- B. Relação entre a máxima tensão elétrica suportada por um resistor e o domínio de uma função: atribuição de sentido ao *domínio da função* num contexto de medição de corrente elétrica através da variação da tensão em um intervalo que o resistor suporte, sem queimar.
- C. Relação entre resistência elétrica e coeficiente angular da função afim: estudo do significado de resistência elétrica a partir dos elementos da função. Partindo de uma reflexão de como, na matemática, as grandezas são normalmente atribuídas à abscissa e à ordenada de uma função, explica-se como essa escolha é feita no campo da eletroeletrônica, considerando as características das grandezas.
- D. Obtenção de uma função afim não linear: com a diferença entre tensões, por meio da adição de mais uma fonte ao circuito, pode-se criar um contexto em que as grandezas envolvidas se comportem como uma função afim não-linear.

iii) Modelo da OI em contexto interdisciplinar

Uma vez que, dos docentes participantes, apenas E_1 está familiarizado com o Modelo da OI, outro objetivo desta OI_p é servir de exemplo, na OI_2 , para que os professores se apropriem do modelo. Assim, buscamos prover ações que sirvam de exemplo para uma futura relação entre recursos e situações técnico-matemáticas a elementos da Abordagem Instrumental que fundamentam o modelo da OI.

- A. Relação entre artefato e instrumento: a utilização, pelos professores de matemática, dos artefatos do curso profissional disponibilizados (*multímetro, fonte de alimentação, resistores, protoboard, cabos, etc.*) para exemplificar qual a diferença entre artefato e instrumento, a partir da evolução do manuseio dos artefatos no decorrer da vivência;
- B. Ações instrumentadas: quando o sujeito começa a articular os conhecimentos necessários (matemático, tecnológico e profissional) e busca resolver a situação

técnico-matemática proposta, fomentando seu processo de gênese instrumental; quais esquemas são mobilizados ou desenvolvidos neste processo;

- C. Processos de instrumentalização e instrumentação: a evolução dos professores de matemática quanto ao entendimento da temática e artefatos profissionais e sua relação com o conteúdo matemático, ao tentar resolver cada tarefa proposta pelo ministrante, pode servir de exemplo para que compreendam a diferença entre os processos de instrumentalização e instrumentação;
- D. Percepção da necessidade do conhecimento técnico para manusear os artefatos, para resolver a situação técnico-matemática, e para relacionar os conhecimentos de ambas as áreas;
- E. Interações do professor de matemática com os de eletroeletrônica, e entre as duplas, na resolução das tarefas ou participação na vivência: identificação do nível de conhecimentos profissionais prévios e seu reflexo na concretização, ou não, da gênese instrumental.

A seguir, descreveremos como prevemos cada um dos componentes da orquestração instrumental:

a) **configuração didática** (situação técnico-matemática, artefatos, funções, sujeitos, tempo):

- Identificação do papel de cada participante: a pesquisadora decide como serão divididas as duplas, assumindo o papel de observadora, ficando responsável pelo registro da vivência e disponível para tentar resolver eventos imprevistos; os professores de eletroeletrônica assumem o papel de formadores – o que elaborou a OI (E_1) conduz a vivência e toma as decisões *ad hoc* necessárias, e E_2 dá o suporte solicitado por E_1 , especialmente às duplas no manuseio dos artefatos –; os professores de matemática são os participantes a serem formados.
- A importância da disponibilização de artefatos do laboratório de eletroeletrônica e suas condições de funcionamento: todos os artefatos a serem utilizados devem estar no laboratório e em boas condições de uso, a fim de não atrasar ou prejudicar o andamento da OI, e em quantidade excedente para eventuais substituições que se fizerem necessárias.
- A disposição dos participantes e dos artefatos no laboratório: pelo menos três bancadas devem estar devidamente equipadas com os artefatos a serem utilizados, e em cada uma delas estará uma dupla de professores de matemática; o ministrante ficará à frente na sala, utilizando o quadro branco para efetuar cálculos, fazer anotações direcionadas aos participantes e para projeção de slides; o outro professor de eletrônica ficará circulando na sala para esclarecer eventuais dúvidas das duplas; a formadora sentará no fundo da sala para

registrar a vivência (com auxílio de um colaborador), podendo circular para manusear os equipamentos de gravação ou se solicitada pelo ministrante.

- A relevância de uma situação técnico-matemática adequada, integrada aos artefatos, e possível de ser resolvida após instruções na vivência: os professores de matemática devem estar aptos a resolver a situação após certo tempo de vivência da OI; a utilização dos artefatos utilizados até lá deve ser imprescindível para a resolução da situação.
- O possível atraso dos participantes e como a configuração didática será organizada, quem tomará as decisões (a pesquisadora ou os professores de eletroeletrônica): caso haja atraso por parte de algum dos professores de matemática, E_1 toma a decisão de como E_2 irá orientá-lo, em individual, até que esteja apto a se juntar ao restante do grupo.
- O tempo disponibilizado para a resolução de cada tarefa, especialmente da situação técnico-matemática proposta, e para toda a OI: toda a orquestração instrumental terá duração total de 2 horas, e E_1 irá administrar o tempo disponível para cada tarefa solicitada, para que não deixe de ser vivenciado o que foi planejado.

b) **modo de execução** (ações previstas para os sujeitos e artefatos durante a execução da OI):

- Diferentes maneiras de orientar as duplas, por parte dos professores de eletroeletrônica: em alguns momentos E_1 e E_2 podem orientar todas as duplas coletivamente, outros em particular, para sanar dúvidas específicas; a orientação pode ser referente ao manuseio dos artefatos; à temática técnica ou à conexão com o conteúdo matemático.
- Diferentes níveis de interação das duplas e de cada participante com o ministrante: as duplas podem interagir bastante, resolvendo as tarefas colaborativamente, especialmente a situação técnico-matemática, ou o nível de interação pode ser baixo e cada componente pode resolver as tarefas individualmente; alguns professores de matemática devem interagir mais e outros menos ativamente com os formadores, a depender de seu conhecimento prévio do conteúdo técnico ou do nível de interesse na formação.
- Possíveis falhas técnicas dos artefatos a serem utilizados: é possível que haja falhas relativas ao funcionamento dos artefatos, mas devem ser facilmente resolvidas com a interferência dos professores de eletroeletrônica, seja por meio do adequado manuseio no artefato ou por sua substituição.

c) **performance didática** (situações inesperadas, decisões *ad hoc*, reações *ad hoc*). A análise dos dados gerados poderá fazer emergir novos exemplos sobre a OI vivenciada: eventos previstos, com soluções pensadas previamente; a ocorrência de eventos imprevistos pode atrapalhar ou não o bom andamento da orquestra; como se deram as decisões *ad hoc* por parte dos formadores e reações *ad hoc* por parte dos professores de matemática.

5.3.4.2. *OI₂*

Esta orquestração instrumental é elaborada e mediada pela formadora, e visa, principalmente, apresentar de forma objetiva o Modelo da Orquestração Instrumental proposto por Trouche (2005a), assim como seus componentes e os aspectos práticos mais relevantes para a construção de uma OI. Além disso, objetiva abrir um espaço de discussão a respeito de particularidades do ensino técnico e suas potencialidades referentes ao uso do modelo da OI numa perspectiva interdisciplinar.

Previamente, será pedido aos professores de matemática que façam uma leitura do artigo intitulado “O ENSINO DE MATEMÁTICA COM INTEGRAÇÃO DE RECURSOS DIGITAIS: um olhar sobre aulas à luz da Orquestração Instrumental” (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2018), a fim de que se familiarizem com os conceitos discutidos. O artigo será disponibilizado e entregue aos professores de matemática dois meses antes da vivência da *OI₂*, por e-mail e em papel impresso, para ser lido de forma assíncrona; e mais uma vez em papel impresso um dia antes, ao final da vivência da *OI_p*. O objetivo é que os docentes tenham um primeiro contato com os conceitos e fundamentos teóricos do Modelo da OI, como estudo inicial do modelo, pautado na leitura. A escolha do texto se deu pelo fato de ser escrito em português, não ser um texto longo, por ser interativo (contendo histórias em quadrinhos, link para vídeo e uma linguagem acessível), além de apresentar os elementos do modelo “em articulação a análises de exemplos de aulas, com foco na integração de tecnologia digital no ensino da matemática” (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2018, p. 2).

Além da leitura do artigo disponibilizado, para esse momento contamos com a vivência anterior no laboratório de eletroeletrônica (*OI_p*). Os recursos e situação da *OI_p* são utilizados para exemplificar os elementos do Modelo da OI (discutidos no artigo) e para levantar a discussão sobre o diferencial que a OI pode oferecer na modalidade de ensino técnico integrado. O objetivo da *OI₂* é capacitar os professores de matemática a criarem suas próprias orquestrações técnico-interdisciplinares a partir da apropriação de fundamentos da OI, com reflexão sobre a modalidade de ensino integrado.

5.4.4.2.1 A situação de formação

A *OI₂* é centrada na formadora, que vai apresentar o modelo da orquestração instrumental utilizando o contexto interdisciplinar vivenciado na *OI_p* como exemplo. Em alguns momentos, provocará os participantes para que articulem o que foi vivenciado no dia anterior com os elementos do texto lido. Descrevemos, a seguir, a situação proposta: *discutir a respeito do Modelo da OI, de forma a relacionar suas etapas – a configuração didática, o modo de*

execução e a performance didática –, e alguns dos pressupostos teóricos necessários ao seu entendimento – o conceito de Esquemas e a Abordagem Instrumental –, à experiência vivenciada na OI pivot e à leitura do artigo, refletindo sobre a potencialidade do uso do modelo no ensino técnico integrado.

O objetivo da situação é criar um espaço de discussão a respeito do Modelo da OI, para que os professores participantes da formação possam expor suas dúvidas e opiniões, especialmente no que concerne a sua utilização no ensino técnico.

5.4.4.2 Configuração didática da OI₂

A gestão das tecnologias

A OI₂ será vivenciada em uma sala de aula da instituição. Inicialmente a formadora entregará a cada um dos professores de matemática uma pasta com o nome de cada um, contendo caneta e papel para anotações, e um material impresso para servir de suporte à OI₃.

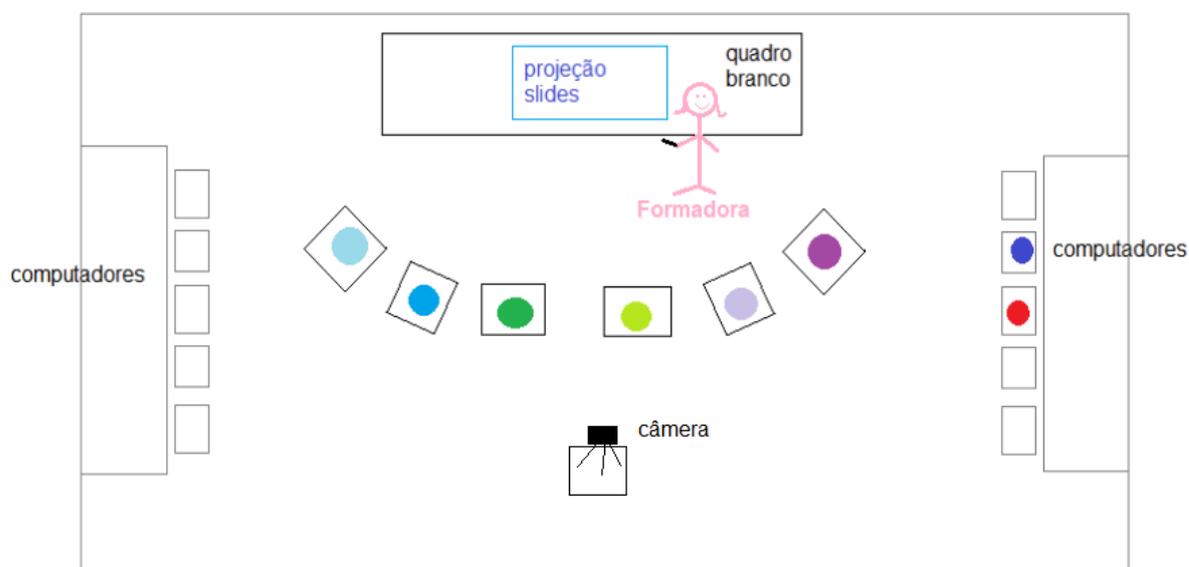
A discussão será baseada no artigo e nos exemplos da OI_p, e norteada por apresentação de slides projetados, contendo definições resumidas dos elementos dos pressupostos teóricos demandados para a compreensão do Modelo da OI, assim como seus próprios componentes e definições: a noção de esquemas (na concepção de VERGNAUD, 1964), a abordagem instrumental (RABARDEL, 1995) – os conceitos de artefato e instrumento, processos de instrumentação e instrumentalização, a gênese instrumental –, as definições de orquestração instrumental, configuração didática, modo de execução e performance didática (Apêndice E); sempre enfatizando seus aspectos práticos e relacionando à vivência da OI_p.

A gestão dos sujeitos

Os professores de matemática estarão dispostos em semicírculo, de frente para a projeção dos slides (no quadro branco) e para a formadora, a fim de facilitar a interação, e os professores de eletroeletrônica estarão sentados ao lado (Figura 14). Após a discussão inicial com apresentação do modelo e seus pressupostos teóricos pela formadora, os docentes serão provocados a respeito da vivência da OI_p do dia anterior, buscando identificar alguns dos elementos que compuseram a orquestração instrumental: os artefatos envolvidos, a situação matemática, a configuração didática e o modo de execução. A formadora guiará a discussão e a construção das ideias, expondo, posteriormente, o planejamento (aqui descrito no Apêndice E) a respeito destes elementos, aproveitando a discussão para levantar a reflexão sobre o diferencial que a modalidade de ensino técnico integrado ao médio pode oferecer no modelo

estudado. Os professores de eletroeletrônica estarão presentes, dando suporte e acrescentando o que acharem pertinente.

Figura 14 – Design da configuração didática da OI3



Fonte: A autora (2020).

Por fim, a formadora voltará a discussão à etapa da performance didática, orientando os participantes a analisar, junto com ela, a vivência da OI_p: se ocorreu como previsto, se os objetivos foram alcançados, quais foram os eventos imprevistos, como os docentes de eletroeletrônica reagiram a eles, suas decisões *ad hoc*, assim como as reações *ad hoc* dos próprios professores de matemática.

A gestão do tempo

A previsão é que todo este momento de vivência da OI₂ dure aproximadamente 45 minutos.

5.4.4.2.3 Modo de execução da OI₂

A discussão sobre os elementos do Modelo da OI se dará na forma de apresentação dialogada, conduzida pela formadora. Prevemos que haja alguns debates nos espaços reservados para isso, e que a formadora saiba direcioná-los, considerando seus objetivos. Os participantes podem apresentar diferentes níveis de interação, a depender da leitura do artigo (se leram, se refletiram a respeito, o quanto compreenderam) e do seu desempenho na OI *pivot*.

Pelo fato da vivência da OI_p ser recente, acreditamos que os participantes consigam lembrar e analisar seus elementos, quando provocados. Mas é provável que interajam mais ativamente na discussão sobre o uso do modelo no ensino técnico, uma vez que a realidade desta modalidade de ensino faz parte de sua prática.

5.4.4.2.4 Análise a priori da OI₂

Nesta OI, é proposta uma situação de formação de natureza teórico-reflexiva. A situação vivenciada na prática (OI_p) servirá de exemplo para que os professores compreendam melhor a teoria: os fundamentos e elementos do modelo da OI. O texto base fornecido aos professores de matemática tem linguagem acessível, visando um primeiro contato com a teoria. O objetivo é que os participantes se familiarizem com o modelo e enxerguem sua potencialidade para dar suporte à gerência dos recursos específicos do ensino técnico. Nesse contexto, buscamos prover discussões que contemplem esses objetivos.

Nos momentos em que a vivência da OI_p for mencionada, a formadora deve provocar os participantes a tentar deduzir os objetivos, a configuração didática e o modo de execução de tal orquestração. Estes diálogos servirão para fomentar, também, a análise de sua gênese instrumental, assim como o que for pontuado por eles em relação à reflexão a respeito da performance didática, trazida pela formadora.

5.4.4.3. OI₃

Esta última OI da formação consiste, principalmente, na elaboração de uma orquestração instrumental, pelos professores de matemática com colaboração dos de eletroeletrônica, que trabalhe o conteúdo de função afim relacionando-o à temática Lei de Ohm, por meio da utilização do multímetro e demais artefatos trabalhados anteriormente na formação. Ademais, a formadora busca apresentar os resultados do estudo inicial desta pesquisa (Seção 4.1), para que sirva aos professores de matemática como um banco de dados a ser utilizado na resolução da situação e em sua prática.

5.4.4.3.1 A situação de formação prática

A escolha da situação proposta na OI₃ se deu na intenção de alcançar o objetivo final de toda a vivência: a elaboração da orquestração instrumental técnico-interdisciplinar. A seguinte situação de formação foi proposta: *elaborar uma situação matemática num contexto técnico*⁷, *e a partir dela criar uma orquestração instrumental para trabalhar o conteúdo de função afim, numa perspectiva interdisciplinar com o curso integrado de eletroeletrônica*⁸, *utilizando seus recursos, dentro das temáticas discutidas no decorrer desta formação.*

⁷ Foi colocado desta forma para deixar mais claro o que seria uma situação técnico-matemática.

⁸ Até o momento, não havíamos definido orquestração instrumental interdisciplinar.

O objetivo da situação é proporcionar aos professores de matemática um momento para elaboração da orquestração instrumental interdisciplinar, com o suporte necessário dos professores da área técnica.

5.4.4.3.2 Configuração didática da OI₃

A gestão das tecnologias

A situação de formação e as instruções para resolvê-la serão explicadas pela formadora e projetadas no quadro. Também constarão, em papel impresso, na pasta entregue aos professores de matemática no início da vivência da OI₂. Além disso, também estará na pasta caneta e papéis para anotação; um passo a passo para a elaboração de uma OI (discutido e exposto nos slides da OI₂); e uma espécie de banco de informações para consulta, com as tabelas resultantes do primeiro estudo desta pesquisa (Apêndice B) e descrição das nove propostas interdisciplinares (Apêndice C). Todos estes documentos serão apresentados e explicados pela formadora.

A cada dupla será disponibilizado um computador, com acesso à internet, para que possa pesquisar o que achar pertinente e estruturar o planejamento da orquestração instrumental a ser criada em arquivo do word. Caso preferirem, os participantes poderão usar seus notebooks pessoais. Todo o espaço será gravado em vídeo, por câmera, e cada dupla terá sua interação gravada, também em vídeo, por câmeras de celulares. Ao final da vivência, cada docente receberá um certificado de participação da formação, com seus devidos papéis discriminados.

A gestão dos sujeitos

Todos os sujeitos que participaram das demais orquestrações devem estar presentes nessa. Os professores de matemática trabalharão em duplas, as mesmas formadas na OI_p, e os de eletroeletrônica estarão disponíveis para auxiliar. Inicialmente, com os sujeitos na mesma disposição que estavam na OI₂, a pesquisadora apresentará os resultados do primeiro estudo desta pesquisa, e em seguida a situação de formação a ser proposta, junto com as devidas instruções para resolvê-la.

Os professores serão instruídos a criar a OI pensando em sua execução numa turma regular do 1º ano do ensino integrado (quando o conteúdo de função afim é trabalhado na disciplina de matemática), e a eles será facultado planejar a OI para ser trabalhada como: i) primeiro contato da turma quanto ao conteúdo de função afim; ii) durante a sequência de encontros com a turma; ou iii) como contato final do conteúdo, antes da avaliação; devendo especificar.

Os docentes também serão orientados a descrever os elementos da OI o mais detalhadamente possível: a situação proposta; a configuração didática (a gestão de artefatos, pessoas e suas funções, tempo); o modo de execução (possíveis formas que os professores atuariam, os possíveis eventos e como reagiriam); e o que mais acharem relevante. As seguintes informações ficarão projetadas no quadro com auxílio do projetor digital:

- (1) **Criação da situação** (*pensar em uma situação que envolva conhecimentos das duas disciplinas – função afim e Lei de Ohm – cuja resolução dependa do uso do multímetro) e determinação dos objetivos em relação à situação. Exemplo: o que você espera que o estudante aprenda com ela?*);
- (2) *Análise a priori da situação técnico-matemática (pensar nas diferentes formas de resolução que os estudantes podem revelar);*
- (3) **Orquestração instrumental (criar a configuração didática e ao menos um modo de execução).** *Estes devem dar suporte ao processo de resolução da situação por parte do sujeito (análise a priori da OI).*

Configuração didática:

- *Quais são as principais fases do decorrer planejado da sessão:*
 - *apresentação da situação / atividade;*
 - *apresentação das ferramentas digitais (quais? como os profs/estudantes terão acesso a elas); que tipo de conexão terão; como serão divididos os papéis de cada um ou eles decidirão; qual o tempo para cada fase?;*
 - *...?*
- *Qual é o papel do professor em termos de interações com os alunos e de interações com o ambiente digital?*
- *O professor assegurará a compreensão da situação matemática? Como?*
- *O professor garantirá diferentes níveis de conhecimento dos alunos sobre o ambiente digital? Como?*
- *Qual é o papel do professor e dos alunos do ponto de vista do avanço da resolução do problema?*

Modo de execução:

- *Quais são as diferentes maneiras que o professor pode assumir suas funções? E os alunos?*
- *Como você prevê que os sujeitos assumam suas funções?*
- *Quais são os eventos esperados?*

A gestão do tempo

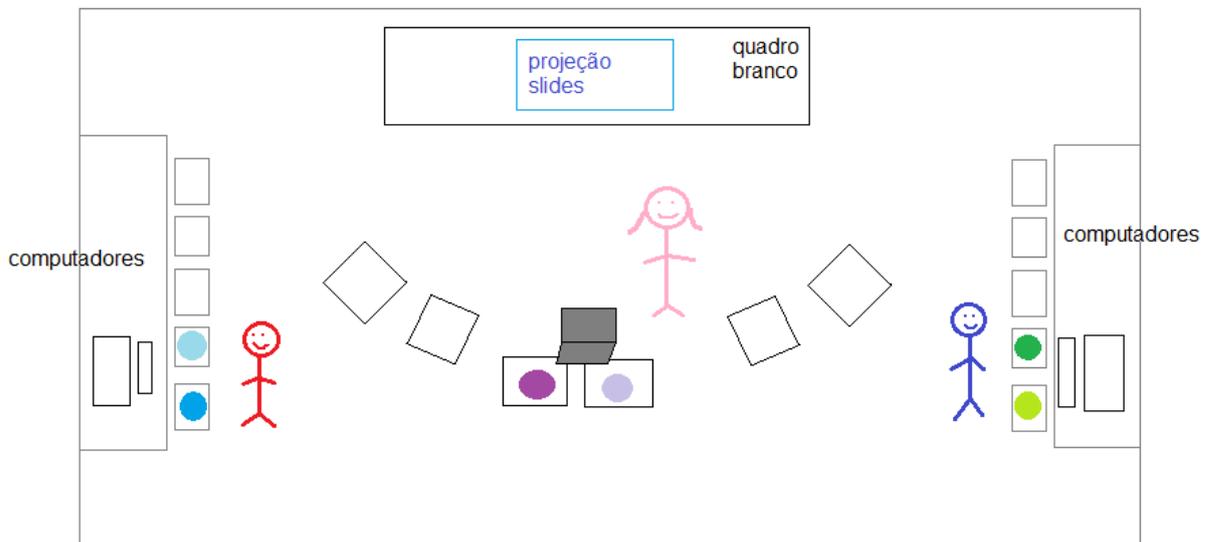
A vivência da OI₃ foi planejada para durar até 1 hora e 15 minutos, sendo aproximadamente 20 minutos destinados à primeira parte da vivência (apresentação dos resultados do primeiro estudo, instruções e explicações pela formadora). Ao final do tempo disponibilizado, será pedido a cada dupla que envie para o e-mail da formadora a sua produção.

5.4.4.3.3 Modo de execução da OI₃

A OI₃ ocorrerá logo após a implementação da OI₂, no mesmo local (sala de aula munida de computadores com acesso à internet), e será dividida em duas partes: inicialmente a formadora irá dar todas as instruções necessárias à resolução da situação, junto com a apresentação dos resultados do estudo inicial (Seção 4.1), que servirá de banco de dados como material de apoio para a segunda parte; na segunda parte será disponibilizado um tempo para a construção da OI interdisciplinar pelos professores. Esta segunda parte será vivenciada em duplas, a princípio, pelo fato de ser mais enriquecedor na medida que um componente complementa o conhecimento do outro, e para facilitar a análise de cada etapa da construção – tanto da situação técnico-matemática quanto da OI interdisciplinar –, e da interação entre os componentes. Caso algum participante não possa comparecer ou precise ir embora mais cedo, a formadora decidirá como reorganizar.

Para a elaboração da OI interdisciplinar, os participantes da formação poderão consultar o conteúdo que acharem pertinente na internet (ou em outras fontes) a qualquer momento, e também poderão solicitar auxílio dos demais docentes caso apresentem alguma dúvida ou dificuldade. Prevemos que pelo menos uma das duplas prefira utilizar computador pessoal, e as demais, os computadores disponibilizados. A intenção é que os professores de matemática sejam os sujeitos ativos na construção da OI, enquanto os docentes da área técnica e a formadora ficam circulando pela sala, esclarecendo dúvidas quando solicitados (Figura 15).

Figura 15 – Design da configuração didática da OI₄ no momento de produção



Fonte: A autora (2020).

Entretanto, prevemos também a possibilidade dos docentes de ambas as áreas trabalharem juntos na resolução da situação, num mesmo nível de colaboração, ou até mesmo de os da área técnica serem mais ativos, já que, em tese, estão mais aptos a pensar em situações técnico-matemáticas.

Ao dar as instruções para resolver a situação proposta, a formadora deixará claro quais condições devem ser obedecidas. Neste momento, os professores podem sanar dúvidas a respeito destas condições, ou até mesmo sugerir que sejam modificadas. Dependendo de como isso possa atingir seus objetivos de pesquisa, F pode ser maleável quanto a essas condições.

Uma vez que os participantes serão informados que, ao final do tempo de vivência, deverão enviar a OI interdisciplinar por e-mail à formadora, é provável que solicitem a autorização para enviá-la em outro dia, caso o tempo disponibilizado à resolução da situação não seja suficiente para concluí-la. Neste caso a formadora não fará oposição.

5.4.4.3.4 Análise a priori da OI₃

A situação de formação proposta nesta OI é de natureza prática. A análise da criação dos professores de matemática – da situação técnico-matemática e da OI interdisciplinar – permite à formadora verificar se o aprendizado relativo aos recursos técnicos profissionais, e ao modelo da OI e seus pressupostos teóricos, foram consolidados por eles, como um todo. Para chegar a esses resultados, consideramos cada um destes aspectos na produção:

- 1) Em que medida os professores de eletroeletrônica os auxiliaram nesta tarefa, e o quanto indispensável é essa colaboração para atingir os objetivos pretendidos;
- 2) Em que medida o material fruto do primeiro estudo foi útil;

- 3) Se houve consulta na internet e em quais fontes;
- 4) Como se deu a interação entre as duplas;
- 5) Em que medida as vivências das orquestrações instrumentais anteriores ficaram evidentes nessa criação;
- 6) Se as condições estabelecidas pela formadora foram respeitadas;
- 7) Se a situação criada foi, de fato, de natureza técnico-matemática;
- 8) Quais artefatos podem ou devem ser utilizados na resolução da situação;
- 9) Se os objetivos definidos na OI criada foram alcançados;
- 10) Se a orquestração instrumental é interdisciplinar;
- 11) Se os objetivos da OI₃ foram atingidos.

Esta é uma importante etapa para analisar a gênese instrumental dos professores de ambas as áreas no que concerne à formação, em sua totalidade.

O momento de apresentação dos resultados oriundos do primeiro estudo desta pesquisa – os períodos em que determinados conteúdos matemáticos são demandados nas disciplinas técnicas, e a apresentação de temáticas para a criação de situações técnico-matemáticas – deve trazer à tona boas reflexões a respeito das potencialidades de trabalhar conteúdos matemáticos de forma interdisciplinar no ensino técnico integrado. A intenção é que a discussão seja interativa e colaborativa, para que os professores se sintam à vontade de expressar sua opinião quando a formadora explicar todas as instruções para resolver a situação proposta, podendo surgir daí algumas contribuições.

5.5 Análise dos resultados – Formação interdisciplinar

Nesta seção, analisamos os dados coletados no decorrer da formação, a partir das gravações e transcrições de cada uma das OI que a compõem. Inicialmente, descrevemos suas respectivas performances didáticas, e, no caso da OI_p, também é feita uma análise das gêneses instrumentais de dois sujeitos participantes: E₁ e M₁.

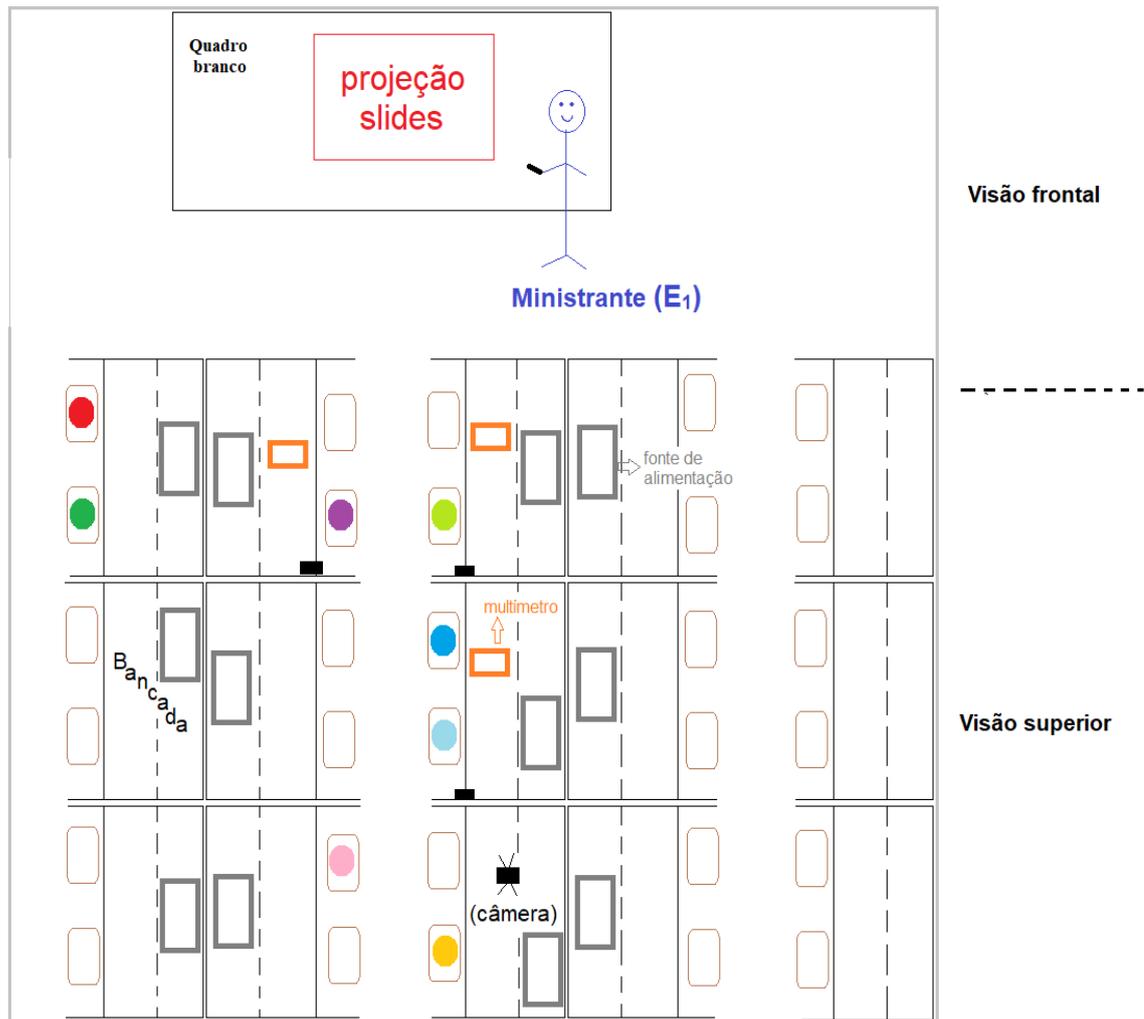
A análise das performances didáticas é feita com base na participação e interação entre os sujeitos. No caso da OI *pivot*, consideramos, também, a resolução da situação técnico-matemática proposta e das demais tarefas solicitadas; e a análise das gêneses instrumentais dos participantes foi feita com base nas categorias elencadas no Quadro 6. Em relação à OI₃, um forte instrumento de análise seria a produção feita pelos professores como resolução da situação proposta, mas que, como será relatado na Seção 5.4.3, não foi coletada.

5.5.1 Performance didática da OI pivot presencial

No geral, não houve grande divergência entre o que foi planejado para a OI_p e sua implementação. Alguns eventos aconteceram conforme previsto, e outros, imprevistos, demandaram decisões *ad hoc* por parte dos formadores e até da pesquisadora (que nesta OI, em especial, não assumiu o papel de formadora).

A formação das duplas se deu no início da vivência. Baseada na informação de que dois professores de matemática iriam se atrasar um pouco (M₂ e M₄), a pesquisadora optou que estes não ficassem juntos, para que quando chegassem pudessem se situar com o auxílio da sua dupla. Além disso, E₁ pediu a E₂ que quando M₂ e M₄ chegassem, os orientasse a respeito do que já havia sido discutido, separadamente, para que depois eles se juntassem ao restante do grupo. Para M₄ (dupla 2), que chegou 27 minutos após o início, foi possível adotar esta estratégia com sucesso. E₂ sentou com ele em uma bancada mais afastada e o atualizou de maneira objetiva sobre os tópicos explanados por E₁ até aquele momento (Figura 16). Até então, todos esses eventos foram previstos e as decisões foram tomadas conforme pensado anteriormente.

M₄ se juntou a M₃ antes do ministrante começar a orientar o grupo a medir corrente utilizando o multímetro (ação 13, Quadro 5) e, conseqüentemente, antes da situação proposta ser apresentada. Entretanto, apesar do atraso dos participantes ser previsto e ter sido pensado em como proceder na execução da OI, faltou disponibilizar um artefato a mais para gravar, à parte, a conversa na bancada mais afastada. Por conta desta falha na configuração didática (em termos de pesquisa), não foi possível registrar a interação entre E₂ e M₄, impossibilitando a análise desta conversa (se E₂ de fato conseguiu discutir todos os tópicos trabalhados, se falou da relação com o conteúdo matemático, como M₄ compreendeu tudo isso e interagiu com E₂, etc.) e conseqüentemente, uma análise mais detalhada do desempenho de M₄ e de E₂ na orquestração instrumental.

Figura 16 – Configuração didática da OI_p logo após a chegada de M₄**LEGENDA:**

- celular para gravar interação entre as duplas
- formadora
- colaborador
- auxiliar (E₂)
- dupla 1: M₁ e M₂
- dupla 2: M₃ e M₄
- dupla 3: M₅ e M₆

Fonte: A autora (2020).

Já M₂ se atrasou 1 hora e 24 minutos, chegando já no decorrer da resolução da situação técnico-matemática proposta. Um atraso tão grande assim não foi previsto, e E₁ deixou que a decisão *ad hoc* fosse tomada pela pesquisadora, a qual considerou inviável utilizar a mesma estratégia adotada com M₄. Optou que M₂ já se sentasse com M₁ (Figura 17) e tentasse acompanhar e auxiliar sua dupla no que fosse possível na resolução da situação.

Figura 17 – Disposição dos sujeitos após chegada de M_2 

Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI_p (2020).

No geral, M_2 aparentou ter um bom conhecimento prévio a respeito da temática e artefatos referentes à área profissional, acompanhando M_1 com certa facilidade e o auxiliando nos cálculos referentes à resolução da situação proposta. Apesar disso, teve seu aproveitamento comprometido, pois além de ter se atrasado bastante, ocorreram vários problemas técnicos com as fontes de alimentação que utilizou, e, também, M_1 precisou ir embora antes do final da vivência, ficando M_2 sem o auxílio de sua dupla.

Estes problemas técnicos com os artefatos utilizados geraram um atraso no cronograma da OI. Quando E_2 percebeu que a fonte de alimentação destinada a M_2 não estava funcionando bem, a trocou por uma que estava em outra bancada, conforme pensado anteriormente caso ocorresse o imprevisto. Mas, ainda assim, o problema persistiu (a fonte substituída também não estava funcionando adequadamente), fazendo com que perdessem algum tempo com isso até descobrir que a falha se devia à ausência do pino do fio terra nas fontes, já ao final da vivência. Este imprevisto comprometeu o desempenho de M_2 , já prejudicado por seu atraso, e deixou E_2 indisponível por um tempo para auxiliar outras duplas.

Em relação ao tempo previsto para a vivência da OI, foi insuficiente, o que não seria diferente, ainda que não houvesse atraso devido ao mau funcionamento dos artefatos. Prevista para durar 2 horas, durou 2 horas e 23 minutos, não sendo concluída a ação 16 (Quadro 5), e

nem sequer iniciada a ação 17, a qual era extremamente relevante para verificar se os participantes conseguiram, de fato, resolver a situação e fomentar a discussão a respeito das conclusões da orquestração instrumental. Além disso, não houve espaço para compartilhar e discutir os resultados obtidos na resolução de cada tarefa, inclusive da situação proposta, o que prejudicou a análise de desempenho dos participantes. Ademais, M₁ e M₅ perderam a parte final da vivência porque precisaram sair na hora combinada.

Analisaremos, agora, as interações de cada dupla. A dupla 1 se comunicou bem, embora este tempo tenha sido bem curto por conta do atraso de M₂, e por M₁ ter ido embora antes do final da vivência. A interação desta dupla ficou limitada à parte da resolução da situação técnico-matemática proposta, uma vez que já havia sido iniciada por M₁. Mas, devido ao bom conhecimento prévio de M₂ a respeito da temática, ele conseguiu acompanhar M₁ e o auxiliou de forma eficiente nos cálculos envolvidos. De maneira similar, a dupla 2 também teve uma boa interação. M₄ se juntou a M₃ pouco antes da apresentação da situação, e os dois componentes, em sintonia, definiram bem os papéis de cada um: quem manuseia os artefatos, quem anota os valores, quem constrói o gráfico. Considerando os atrasos de M₂ e M₄, de maneira geral as interações entre as duplas ocorreram como esperado.

Entretanto, o comportamento da dupla 3 é que fugiu do previsto. Embora apresentasse um grande potencial de interação, uma vez que nenhum dos participantes se atrasou, ocorreu justamente o oposto, acreditamos que por conta de algumas decisões *ad hoc* tomadas por E₁. Os primeiros indícios desta falta de interação ocorreram durante a primeira medição utilizando o multímetro. Neste momento, M₁ e M₃ ainda trabalhavam sozinhos (M₂ ainda não havia chegado e M₄ ainda estava se atualizando com E₂, em outra bancada). Então, ao perceber que M₆ era o único que não manuseava o artefato, apenas observava sua dupla fazê-lo, E₁ entregou um outro multímetro a M₆, que passou a efetuar as medições sozinho. Mais tarde, durante a explicação sobre o manuseio da fonte de alimentação, E₁ pediu às duplas que pegassem na gaveta um par de cabos. Desta vez M₆ foi quem realizou a ação. Novamente, ao perceber que M₅ era o único que não tinha o artefato em mãos, E₁ o orientou a pegar outro par de cabos para ele. E logo depois, enquanto M₆ manuseava a fonte de alimentação destinada a eles, a qual estava localizada bem a sua frente, E₁ percebeu que M₅ estava distante, se esticando para tentar observar. Uma vez que ele já estava munido de multímetro e cabos de conexão, E₁ tomou a decisão de pegar a fonte de alimentação que estava em outra bancada e colocar na frente de M₅ para que ele a utilizasse. A partir daí, não houve mais nenhuma interação entre M₅ e M₆. Acreditamos que estas decisões *ad hoc* de E₁ foram tomadas por conta destes três fatores: os demais participantes estarem trabalhando individualmente; a fonte de alimentação da dupla 3

estar localizada bem mais próxima de um dos componentes; existirem artefatos disponíveis no laboratório para trabalharem individualmente. E uma vez que M_5 e M_6 reagiram seguindo a orientação do ministrante, estas ações culminaram na separação da dupla.

A identificação do nível de conhecimento prévio dos professores de matemática em relação à temática profissional, que seria feita por meio das interações dos sujeitos, foi dificultada por conta da interação limitada ou não-interação entre as duplas. Ainda assim, percebemos que M_2 se destacou, demonstrando bom grau de familiarização com o conteúdo ao se ambientar rapidamente, mesmo chegando bem atrasado. Já M_1 , M_3 e M_4 aparentaram compreender bem as explicações, demonstrando ter pelo menos uma noção. Ao julgar pelas perguntas feitas ao ministrante, M_5 aparentou não ter nenhum tipo de familiarização com o conteúdo, o que pode ter prejudicado seu desempenho. Já M_6 pouco interagiu, impossibilitando nossa identificação. Para uma próxima vivência desta OI, acreditamos ser necessário um levantamento prévio destes conhecimentos, inclusive para incluir explicações introdutórias da temática na configuração didática, a fim de trabalhar os conceitos em ação necessários ao desenvolvimento dos esquemas de uso pelos professores de matemática.

O registro da vivência foi feito apenas por gravação de vídeo. Uma câmera ficou filmando toda a sala, enquanto as bancadas das duplas foram gravadas por celulares (Figura 17). Porém, por problemas técnicos com o artefato (falta de memória), apenas o da dupla 1 gravou toda a vivência.

5.5.1.1 Análise da gênese instrumental de E_1 e M_1 na OI_p presencial

Aqui, analisaremos, individualmente, as gêneses instrumentais relativas à OI_p de E_1 (ministrante) e de um dos professores de matemática (M_1), uma vez que ele interagiu bastante com E_1 e E_2 , o que possibilita uma análise mais rica. Como M_2 chegou bem atrasado, suas análises ficarão restritas às interações com M_1 . Ademais, E_1 e M_1 também participaram da MOI interdisciplinar (junto com M_4), logo, achamos pertinente analisar mais detalhadamente seu desempenho na presente formação para acompanhar a evolução de sua gênese instrumental. A participação de M_4 na OI_p não será analisada, em detalhes, uma vez que sua interação com E_2 não foi gravada.

5.5.1.1.1 Gênese instrumental de E_1

Iniciaremos nossa discussão com algumas conclusões gerais a respeito de E_1 . O ministrante conduziu a orquestração instrumental como uma apresentação dialogada, fazendo perguntas, interagindo, chamando os professores de matemática a reflexões e demandando

tarefas durante toda a vivência. Mostrou ter pleno domínio dos conteúdos técnico e matemático, sempre fazendo conexões entre eles. Também mostrou muita familiaridade com o manuseio dos artefatos e suas funções, sempre identificando facilmente o motivo de algumas falhas técnicas e apresentando soluções.

Quadro 7 – Índice dos eventos selecionados de E_1 na OI_p

Evento	Síntese do evento
1	Definição da Lei de Ohm e grandezas envolvidas
2	Cálculo da resistência a partir do código de cores dos resistores (tarefa 1)
3	Solicitação aos participantes que meçam a resistência usando o multímetro e comparem os valores aos calculados pelo código de cores, a partir de orientações sobre o uso do artefato (tarefa 2)
4	Significado da diferença entre valores calculados e medidos da resistência e o que isso diz sobre o resistor; o que é potência; potência máxima suportada por um resistor (associada ao seu tamanho)
5	Explicação de como Ohm realizou seu experimento e alguns desdobramentos de sua lei (máxima tensão suportada por um resistor e o que isso implica em sua linearidade); solicitação aos participantes que calculem a máxima tensão do resistor (tarefa 3)
6	<i>Protoboard</i> , circuito, curto-circuito; orientação aos participantes de como conectar os resistores no <i>protoboard</i>
7	Explicação sobre manuseio da fonte de alimentação, terminais, como Ohm fez, orientação de como fechar o circuito (tarefa 4)
8	Explicação sobre os diferentes multímetros, como escolher e interpretar sua escala
9	Conexão com o conteúdo matemático: relação entre a máxima tensão elétrica suportada por um resistor e domínio de uma função
10	Orientação ao grupo de como medir corrente com o multímetro no modo amperímetro, e de como resolver a situação proposta (tarefa 5: situação técnico-matemática); orientação das duplas, quando solicitado
11	Conexão com o conteúdo matemático: relação entre a resistência elétrica e o coeficiente angular da função afim
12	Conexão com o conteúdo matemático: relação entre Lei de Ohm e função linear
13	Explicação/orientação de como simular uma situação em que a função afim não seja linear, utilizando duas fontes no circuito e calculando a diferença de tensões (tarefa 6)

Fonte: A autora (2020).

Para nortear nossa análise, construímos o índice de eventos referente às ações de E_1 , com discriminação das tarefas solicitadas (Quadro 7). Descrevemos e selecionamos os eventos

a partir da ação de E_1 dentro da temática discutida, a conexão feita com o conteúdo matemático ou a tarefa solicitada.

Sobre as principais diferenças entre o que foi vivenciado (Quadro 7) e o que foi previsto (Quadro 5) como ações de E_1 na configuração didática, não houve uma ambientação dos participantes (Ação 2, Quadro 5) a respeito da estrutura do laboratório de eletroeletrônica, apresentação prévia dos artefatos, em geral, e suas funcionalidades, ou sobre como essa vivência acontece com os estudantes na disciplina de Instrumentos de Medidas. Ao solicitar algumas tarefas que demandassem o uso dos artefatos, E_1 agiu como se os participantes já tivessem certa familiarização com eles. A primeira vez que o multímetro foi mencionado, foi ao solicitar aos participantes que o utilizassem para medir a resistência e comparassem com o valor obtido pelo código de cores (Evento 3, Quadro 7):

*E_1 : Para gente fazer essa comparação, desses valores de referência, vocês vão utilizar o **multímetro**. Vocês fazem primeiro o cálculo dos três, e aí com um multímetro, que é um instrumento que na nossa opção a gente vai habilitá-lo para medir resistência, e quando a gente habilita para medir resistência eu chamo o equipamento de ohmímetro, eu posso determinar a resistência do componente. Fazendo como? Pegando os dois terminais e, através do componente resistivo, dispondo cada polo de dois terminais, e aí ele vai me dar o valor da resistência, certo? Esse aqui é o meu multímetro (mostra o artefato na mão), multimedidor, ele tem aqui todas as referências de unidade de grandeza, eu vou habilitá-lo na opção ohms, a unidade de grandeza de resistência, vou observar que eu tenho um terminal comum de referência, e além desse terminal comum de referência, tem outro terminal que faz a indicação da simbologia, ohm, e aí entre quais eu vou optar naquele que faz a referência, a grandeza que eu estou medindo. E agora com essa habilitação, eu efetuo a medição. Inicialmente eu vou pedir para vocês medirem aí em cima da bancada mesmo, depois a gente vai utilizar outros componentes para fazer a medição. Qualquer dúvida, podem perguntar, interrompam, né? A qualquer tempo.*

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Entretanto, ele deu algumas instruções prévias e, também, durante a realização da tarefa, a respeito do uso do artefato, mostrando, com um multímetro na mão, algumas de suas funcionalidades.

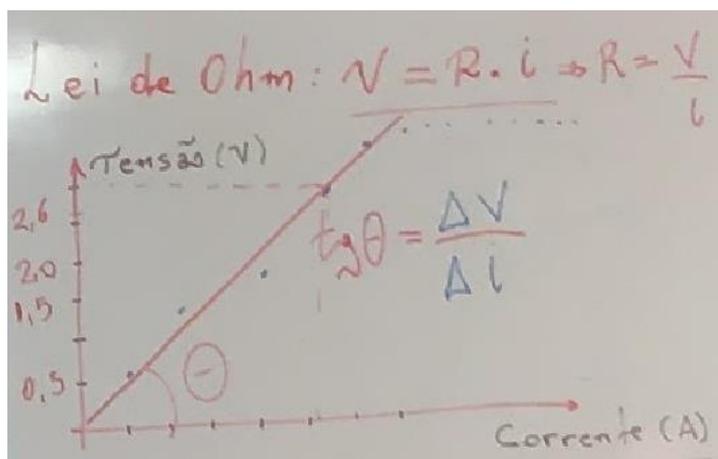
Assim, em relação à condução da gênese instrumental dos participantes quanto aos artefatos técnicos utilizados, concluímos que E_1 instruiu e orientou os professores de matemática a respeito das funcionalidades e utilização adequada dos artefatos a cada tarefa solicitada, ditando um passo-a-passo das ações sempre que necessário, contando também com a colaboração de E_2 . Mas poderia ter feito uma introdução a fim de apresentar o ambiente e artefatos para os docentes melhor se familiarizarem, e ter feito uma checagem prévia das bancadas (e artefatos contidos), junto com E_2 , para anteciparem possíveis falhas técnicas.

Quanto às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos, tratou de todas as temáticas previstas na análise *a priori* da OI_p (Seção 1.4.2), mostrando propriedade e excelente domínio, como no exemplo da fala a seguir (Evento 11, Quadro 7):

E₁: Observem o seguinte: vocês estão variando tensão e capturando corrente, não é? Lá do ponto de vista matemático, talvez a variação da grandeza que está no eixo x, é mais comum para obter o y, certo? Aqui está invertido, não é? Mas por que normalmente a gente faz essa correlação? Vocês vão estimar, basicamente, essa característica. Não está muito linear não, mas a gente também utiliza interpolação, e outros processos... e de fato ele não é linear porque tem várias informações e variáveis instrumentais no processo, então tem erros vinculados aos instrumentos que vocês estão usando, tem erros vinculados ao próprio protoboard, que tem uma resistência... são vários elementos. Mas, ele, aproximadamente, se comporta como se fosse linear, certo?

É uma lei experimental, foi Ohm quem deduziu. E ele deduziu basicamente como? Através de uma análise matemática, observando esse processo aqui, considerando, por exemplo, esse ângulo (desenha ângulo no gráfico, Figura 18). Esse ângulo em si, o que ele tem de significado? Ele tem aqui um cateto oposto, que se refere à tensão, ou a variação de tensão, eu posso tentar pegar entre dois, quatro pontos, ou pegar completo, e eu tenho o cateto adjacente que se refere à corrente. Então se eu obtenho a função tangencial aqui, a tangente, isso aqui é basicamente o que ele denominou de resistência elétrica. Que seria a tangente dessa reta aqui, que descreve a linearidade. Quando vocês estabeleceram aí mais ou menos o domínio, a máxima tensão que eu posso submetê-lo. Eu posso aumentar essa tensão? Posso. Eu posso trocar corrente e tensão aqui? Posso. Mas aí eu vou ter que pensar na perspectiva desse ângulo aqui da função. Se eu fosse aumentando essa tensão para além do domínio? Então ele iria começar a esquentar. O 'esquentar' seria uma mudança microscópica de características. Essa mudança microscópica tende a queimar o equipamento, ou seja, tende a corrente ir subindo para além dessa característica. Então provavelmente ele ia começar a fazer assim, até quando ele queimasse, a tensão estava lá fixada, mas a corrente tenderia ao infinito. Certo? Eu vou pedir para vocês fazerem isso para um resistor desses aí. Daqui a pouco, não agora. Mas eu queria que vocês terminassem os três (resistores) e observassem o perfil de característica, considerando a mesma escala para todos os resistores. Para que vocês percebam variações dessa inclinação, que se refere a uma função $f(x) = ax$. Ok?

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Figura 18 – Gráfico desenhado por E₁ no quadro branco

Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI_p (2020).

Durante toda a implementação da OI, provocou discussões a respeito da relação entre a temática técnica e a matemática, guiando os participantes na construção desse conhecimento. Mas faltou criar mais espaços para que os participantes compartilhassem e discutissem suas produções e conclusões. Quanto à situação técnico-matemática, por exemplo, não houve o momento em que as duplas apresentaram e discutiram seus resultados. Em relação à manipulação dos artefatos para obtenção de uma função afim não linear, embora E₁ tenha explicado e guiado os participantes na montagem do circuito, não caracterizou a função a ser obtida, ou discutiu seus elementos, por falta de tempo.

No que concerne à intenção de prover exemplos de elementos do modelo da OI, num contexto interdisciplinar, acreditamos que a vivência da OI_p foi satisfatória para dar conta dos conceitos a serem tratados na OI₂: situação, artefato e instrumento, gênese instrumental, processos de instrumentação e instrumentalização, esquemas, configuração didática, modo de execução, performance didática.

5.5.1.1.2 Gênese instrumental de M₁

Aqui, faremos algumas análises a respeito da gênese instrumental de M₁ relativa à OI_p. Durante todo o tempo que participou da vivência da OI, M₁ interagiu, respondeu às perguntas feitas pelo ministrante, tirou suas dúvidas, pediu ajuda para manusear os artefatos, realizou as tarefas solicitadas, inclusive a situação proposta. Como sua dupla chegou atrasada, ainda deu explicações a respeito do que já havia sido abordado na vivência, o que contribuiu para uma melhor análise de sua gênese instrumental.

Para guiar nossa análise, selecionamos alguns eventos vivenciados por M₁ (Quadro 8), que consiste na resolução das tarefas demandadas por E₁ e algumas deduções e interações mais pertinentes de M₁. Os eventos numerados de 7 a 14 são relativos à resolução da situação técnico-

matemática proposta. Por conta da extrapolação de tempo da vivência, M_1 foi embora antes do encerramento, deixando de realizar a tarefa 6 (Quadro 5).

Quadro 8 – Índice dos eventos selecionados de M_1 na OI_p

Evento	Síntese do evento
1	Cálculo do valor da resistência de alguns resistores, por meio de seu código de cores (tarefa 1)
2	Medição da resistência dos resistores utilizando o multímetro; comparação com os valores calculados (tarefa 2)
3	Cálculo da máxima tensão suportada pelos resistores (tarefa 3)
4	Montagem do circuito: conexão dos resistores no <i>protoboard</i> , manuseio da fonte de alimentação, cabos, etc. (tarefa 4)
5	Interação a respeito da escolha da escala adequada do multímetro
6	Reflexão a respeito da conexão com o conteúdo matemático: a relação das grandezas com o domínio da função
-	<i>Resolução da situação técnico-matemática:</i> (tarefa 5)
7	Manuseio da fonte; questionamento sobre a variação irregular da corrente
8	Estabelecimento do domínio da função (segundo resistor)
9	Atualização e explicação à dupla sobre o que já foi vivenciado: cálculo da resistência relativa ao primeiro resistor; reflexão sobre a escolha das grandezas para abscissa e ordenada da função
10	Construção do gráfico referente ao primeiro resistor
11	Cálculo da resistência, junto com a dupla, dos resistores restantes
12	Questionamento e confirmação da corrente máxima do segundo resistor e da escolha da escala no multímetro (habilitado como amperímetro)
13	Explicação à dupla sobre o uso do <i>protoboard</i>
14	Questionamento a respeito da mudança de escala no multímetro

Fonte: A autora (2020).

O atraso de M_2 fez com que M_1 resolvesse todas as tarefas sozinho, inclusive ele começou a resolver a situação proposta, tendo ajuda da sua dupla já no decorrer, basicamente para efetuar cálculos e anotar resultados. Mas isso não foi impedimento para que interagisse bem, pois durante a vivência respondeu a cada pergunta ou reflexão levantada por E_1 e não hesitou em solicitar o auxílio de E_2 sempre que julgou necessário.

A primeira tarefa demandada por E_1 foi o cálculo matemático da resistência a partir do código de cores de alguns resistores (Figura 19).

Figura 19 – Diferentes resistores e seu código de cores



Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI_p (2020).

M₁ executou a tarefa aparentemente com facilidade (os resultados não foram compartilhados). Mais tarde (Evento 9, quadro 8), mostrou que de fato entendeu (Item a, Seção 1.4.1), ao explicar para sua dupla como deveria efetuar o cálculo:

M₁: cada cor tem um valor numérico, que ele botou lá em cima, aí a ordem é: esse que é mais distante, é o último número. Por exemplo, aqui, é marrom, preto, vermelho e ouro, que ele disse. Aí esse ficou o que? Aí marrom, preto, vermelho e ouro. Marrom é um, preto é zero, e vermelho é dois.

M₂: e o ouro, é uma porcentagem?

M₁: é, uma porcentagem. É como se fosse um erro percentual. Porque tem uma fórmula, estava aí no quadro, mas ele apagou. Que pega as duas primeiras cores, no caso aqui marrom e preto, multiplica por 10 elevado a terceira cor, mais ou menos, que já é o ouro, o percentual, a quarta cor.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

M₁ relata a M₂ como se calcula a resistência do componente com código de quatro cores. Explica como identificar qual a cor mais distante; que cada uma delas corresponde a um algarismo, o qual será substituído em uma fórmula; e que a última cor indica o percentual de imprecisão do valor de resistência calculado.

A segunda tarefa consistiu na medição da resistência utilizando o multímetro para comparar com os valores obtidos na tarefa 1. M₁ mostrou não ter nenhuma familiarização prévia com o artefato, o que ficou claro no seguinte diálogo que ocorreu logo após a solicitação da tarefa 2:

M₁: Para ligar esse bichinho aqui, é só rodar?

E₂: É só apertar. Ah, porque ele está desligado. É só girar, aí você bota na grandeza que vai medir.

E₁: Ele tem um suportezinho de inclinação na parte de trás, vocês podem puxar...

E₂: Esse tem. Não, não, aqui, olha.

M₁: Ah, pensei que aqui iam aparecer as pilhas.

E₂: Tem que ligar, só bota na escala, na unidade que tem aí. Acho que está pegando na cola, por isso... tem uma colinha...

M₁: Está variando aqui, né?

E₁: Você segura pelo menos uns 3 segundos e deixa ele o mais próximo do terminal possível. Porque como ele estava aqui com o papelzinho, ele tem uma cola na ponta.

E₂: Não, bota assim, o mais próximo possível.

(M₁ mexe no artefato)

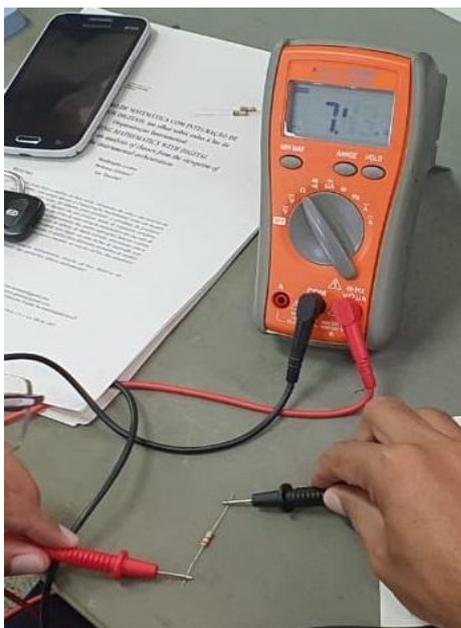
M₁: Obrigado. Desligo?

E₂: Pode desligar. Se quiser também pode anotar o valor calculado e o valor aferido. Que está dentro da imagem.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Neste momento, inicia-se o processo de instrumentalização de M₁ em relação ao multímetro (Item i.B, Quadro 6), claramente apenas um artefato para ele, que estava começando a desenvolver esquemas de uso. Esta falta de familiarização enfatiza, mais uma vez, a importância da apresentação dos artefatos e suas funcionalidades para contribuir com o processo de gênese instrumental. Com o auxílio de E₁ e E₂, M₁ conseguiu realizar a tarefa 2 (Figura 20), se instrumentalizando em relação ao uso do multímetro no modo ohmímetro.

Figura 20 – Docente medindo a resistência de um resistor utilizando multímetro em bancada com aparato isolante



Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI_p, 2020.

A terceira tarefa demandada por E₁ foi o cálculo matemático da máxima tensão suportada pelos resistores, a qual M₁ realizou com facilidade. O valor calculado não foi compartilhado, mas apareceu mais tarde, durante a resolução da tarefa 4, que consistiu na montagem do circuito, envolvendo uma sequência de ações que foram ditadas por E₁ enquanto os participantes a executavam. M₁ fez algumas perguntas nesse processo sobre o manuseio dos artefatos (cabos, terminais, fonte) e, com a orientação dos professores de eletroeletrônica, concluiu a tarefa. Além de contribuir com o processo de familiarização do docente com os artefatos técnicos (Item i.B, Quadro 6), esta tarefa também fomenta a relação entre Lei de Ohm e função afim (Item ii.A, Quadro 6). Como explica E₁, a temperatura do resistor é muito alta

(ou muito baixa) para valores acima da máxima tensão que o resistor suporta sem queimar (domínio da função), comprometendo a sua resistência e, conseqüentemente, sua linearidade:

E₁: A Lei de Ohm é linear apenas dentro de um espectro no qual o resistor não tem uma alta variação em relação ao seu comportamento com a temperatura. Porque se a temperatura é muito elevada, ou muito baixa, a resistência do componente vai para além do percentual garantido pelo fabricante. E logicamente eu posso queimá-lo.

[...] Então eu tenho que saber qual é essa tensão máxima, utilizando uma fonte, que eu posso submeter esse resistor sem ele se danificar.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Aqui, M₁ inicia sua instrumentação em relação às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos.

Em relação aos eventos 5 e 6 (Quadro 8), embora não se trate de tarefas, retratam algumas interações que julgamos relevantes. Durante a explicação de E₁ a respeito de como é feita a escolha da escala de medição de corrente elétrica no multímetro – etapa importante na resolução da situação a ser proposta –, M₁ interagiu a todo tempo, respondendo corretamente às perguntas feitas por E₁ (Evento 5).

Já quando E₁ questionou como as grandezas trabalhadas poderiam ser interpretadas na função matemática (Evento 6), mais especificamente qual o significado matemático de controlar a tensão de zero a quatro volts, M₁ respondeu da seguinte maneira:

E₁: Olhando dentro do contexto da função, do levantamento, se eu estou controlando de 0 a 4 volts, o que é o significado matemático de 0 a 4 volts?

M₅: O intervalo?

E₁: É o intervalo. Mas é o intervalo que vai me ditar o que?

M₁: É como se fosse, no caso aí é como se fosse a imagem, né, da função, o máximo.

E₁: É, só que esse aqui eu controlo, né? Embora ali (no gráfico, Figura 18) tá $v \times i$, você pode imaginar $i \times v$.

M₁: Hm... Então é o domínio, né? É que quando eu olhei ali no gráfico, já vi no y , né?

E₁: Só porque a gente não está falando de x e y , né? Então isso aqui é o domínio.

M₁: É o costume.

E₁: Certo? A gente deixa naquele formato, tensão e corrente, por quê? Porque a função, a gente analisa assim, é um formato $f(x) = \dots$, certo? Mas quem eu estou modificando é o V , é a tensão. Tá certo? Então 0 a 4 volts. Para essas condições, qual o máximo valor de corrente elétrica que vai circular? O máximo valor de corrente elétrica é igual à tensão da fonte dividida pela resistência.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Podemos perceber que, neste momento, M₁ desenvolve esquemas para fazer conexões entre os conteúdos técnico e matemático. Inicialmente baseado na forma em que as grandezas são representadas na função matemática, continua seu processo de instrumentação a respeito da

capacidade de fazer conexões entre as áreas de conhecimento. Ele parece compreender porque a grandeza tensão é o domínio da função (Item ii.B, Quadro 6), mas não fica claro porque ela é representada no eixo das ordenadas. Este processo de instrumentação, continuado no decorrer da vivência da OIp, é evidenciado durante a resolução da situação técnico-matemática, quando M1 questiona E1 sobre a escolha dos eixos, e explica a sua dupla o que já havia feito (Evento 9, Quadro 8):

M₁: É obrigado a ser tensão e corrente, ou pode ser o contrário: corrente e tensão?

E₁: Pode ser também. Deixa eu só falar a vocês as funções. Eu vou falar do gráfico justamente para você saber fazer sua escolha, ficar livre para fazer sua escolha.

M₂: Vai marcar os pontos?

M₁: Não, a gente vai jogar no gráfico. Mas ele disse que ia dar uma informação pra gente escolher o que é corrente e tensão. Eu estava querendo botar a voltagem, que está no y, eu queria jogar no x, e a amperagem no y. Que aqui eu fui escolhendo, e aqui eu fui pegando o valor. O costume né, de...

M₂: Ah, entendi.

M₁: Aí ele disse que vai explicar pra saber qual a melhor hora de escolher e tal. Eu estou aguardando ele explicar.

(Trecho da transcrição da OIp, 2020).

Se mostrando ainda resistente à ideia de representar o domínio da função no eixo das ordenadas, M₁ pede explicações a E₁ a respeito desta escolha. Como descrito na análise de sua *performance* didática, no trecho transcrito que responde à esta pergunta, E₁ explica a relação da resistência elétrica com a tangente do gráfico. Neste momento, embora M₁ não faça nenhum comentário, ele presta atenção a toda a explicação e parece compreender como o significado técnico da grandeza influencia a escolha no contexto da função matemática (Evento 6, Quadro 8), avançando mais em seu processo de gênese instrumental em relação à conexão entre as áreas de conhecimento (Item ii.C, Quadro 6).

Até aqui, percebemos que M₁ demonstrou muita fluidez em tarefas que envolviam cálculos (tarefas 1 e 3), mostrando compreender, gradualmente, como se encaixavam no contexto do curso técnico. Neste caso, acreditamos que essas tarefas estão relacionadas a classes de situações em que ele já dispunha, no seu repertório, das competências necessárias ao tratamento imediato da situação. Ao mesmo tempo, apresentou um pouco de dificuldade no manuseio dos artefatos da área profissional, o que era esperado já que não era familiarizado com eles. Aqui, ele não dispunha de todas as competências necessárias, por isso precisou refletir, explorar, hesitar, fazer tentativas relativas ao manuseio dos artefatos, desenvolvendo e combinando esquemas de seu repertório.

Na resolução da situação, M₁ já estava mais familiarizado com os artefatos. Até questionou E₂ sobre a variação da corrente em suas medições, achando estranho o

comportamento da grandeza. Depois de um tempo verificando, E_2 descobriu que o cabo estava com mau contato (Evento 7, Quadro 8).

Uma vez que a produção das duplas não foi devolvida a E_1 ao final da vivência, e nem houve tempo para a apresentação e discussão dos resultados (ação 17, Quadro 5) conforme planejado, não podemos avaliar o produto final, mas sim a sua construção. Ao explicar à sua dupla o que já havia feito, M_1 afirma ter calculado os valores referentes a um dos resistores trabalhados, no domínio de 0 a 4 (valores de tensão), escolhendo pontos a cada 0,5. Após explicar a M_2 como calcular a resistência a partir do código de cores, eles fazem juntos o cálculo para outro resistor (Evento 11, Quadro 8). Neste momento, M_2 toma a iniciativa de utilizar mais um artefato para ajudá-los na resolução da situação: a calculadora do celular. Enquanto ele efetua os cálculos, M_1 faz o registro dos valores no papel (Figura 21).

Figura 21 – M_1 e M_2 durante a resolução da situação



Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI_p (2020).

Então E_2 intervém explicando que também poderiam ter utilizado o multímetro no modo ohmímetro para calcular essa resistência e auxilia a dupla para que o façam. M_1 diz que é M_2 que vai realizar a medição (uma vez que M_1 já desenvolveu esses esquemas), e ele verifica que, de fato, o valor ficou dentro do intervalo obtido pelo código de cores do resistor.

Após ouvir a explicação de E_1 a respeito da relação da resistência e o coeficiente angular da função, M_1 pergunta a ele sobre a tensão máxima de outro resistor, o domínio da função. E_1 explica que, além de calcular previamente a tensão máxima, ele também precisa calcular a corrente máxima para saber qual escala do amperímetro usar. Ao M_1 deduzir que usará sempre a escala para o maior valor de tensão, E_1 explica que ele começará com uma escala menor, e mudará quando for necessário, para obter valores mais precisos durante toda a medição: (Evento 12, Quadro 8)

M₁: Deixa eu tirar uma dúvida aqui. O terceiro resistor, no caso, eu não posso fazer de zero a quatro, né?

E₁: É até 3,18. E ao mesmo tempo eu tenho que saber qual é a corrente máxima, pra saber se essa escala vai ser suficiente para suportar a corrente máxima para esses 3,18.

M₁: Eu boto 3 e divido por 20, aliás, por 10, né?

E₁: Divide, não, o resistor, por 10, então vai dar aí em torno de 300 mili, né, 318 mili.

M₁: Então tenho que botar no 10 amperes.

E₁: Não, eu posso utilizar essa escala, enquanto a corrente for menor do que 200, quando ela chegar pra ultrapassar, eu mudo pra escala de 10. Eu posso fazer isso também.

M₁: Não entendi não, como é? Porque 300 mili vai ser o máximo.

E₁: O máximo. Só que eu não vou aumentando aqui, né? E aqui vai subindo.

M₁: Hmmmm.

E₁: Até menor do que 200, eu posso continuar aqui aumentando. Quando ela for ultrapassar 200, eu boto uma escala maior. É só pra eu conseguir capturar com mais precisão de medição os valores menores.

M₁: Mais precisão, né? Certo. Então vamos que vamos.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Mais uma vez M₁ sana suas dúvidas e mostra ter entendido a explicação, o que fica evidenciado ao realizar os cálculos para os outros resistores, quando chega perto do valor máximo da corrente e pede para sua dupla mudar a escala:

M₁: Aí agora a gente vai ter que mudar aqui, visse?

M₂: Por quê?

M₁: Porque esse o máximo é 200. Aí já tá em 170.

M₂: E o próximo vai passar de 200, né?

M₁: É. Aí a gente bota pra aqui pro 10 ampere.

M₂: Entendi. Que aí ele vai... e aqui eu boto pra 3.

M₁: Isso. Aí não deu, porque é uma diferença muito grande. Deixa eu chamar E₁ aqui pra tirar a dúvida.

M₂: Mas talvez vai no 200, e no 200 ele segura, né?

M₁: É, eu tô com medo de forçar demais. Ô E₂, a gente percebeu que está aumentando trinta e alguma coisa. O próximo vai passar dos 200 aqui.

E₂: Aí tu mudas a escala.

M₁: Mudei a escala, só que fica uma escala muito grande, e zerou. Que acho que é um número muito pequeno...

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Mesmo utilizando o artefato conforme orientado, M₁ não consegue chegar à medição pretendida, porém já consegue imaginar o motivo, ainda que não saiba como resolver o problema, solicitando auxílio dos professores de eletroeletrônica (Evento 14, Quadro 8). Neste processo, está desenvolvendo esquemas de uso ao mexer nos artefatos, fazendo descobertas e observações a partir de sua utilização, fomentando seu processo de instrumentação (Item i.B, Quadro 6):

M₁: Aí aqui eu vou ligar, porque só tá ligado no aparelho, mas não tá funcionando. Só que ainda tá lá no 4. Vou jogar pro meio, ou pro zero. Eu esqueci até de botar o zero aqui, depois a gente volta pro zero lá. Rodou, rodou, zerou. Aí agora...

M₂: Quer que eu anote isso aí?

M₁: Quero.

M₂: Que aí eu vou anotando. Tu táis aqui, né?

M₁: É. Eu acho que o zero sempre vai ser na origem, né?

M₂: É, na origem... na origem, né? Certo.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

Além de começar a entender a funcionalidade dos artefatos – fonte de alimentação e multímetro –, M₁ também faz deduções relacionadas ao conteúdo matemático (Item ii.A, Quadro 6), como, por exemplo, a de que a função será sempre linear.

Como mais um momento em que o processo de gênese instrumental de M₁ fica evidenciado (Item i.B, Quadro 6), temos sua explicação a M₂ a respeito do *protoboard* (Evento 13, Quadro 8):

M₁: Eu não posso, por exemplo, colocar aqui e aqui porque eles estão na mesma linha, aí não posso fazer isso. Essa mesma linha daqui, por aqui por baixo está tudo soldado, é como se fosse um ponto só. Tá entendendo? Nesses tipos de faixa. Aqui, nesses 25 pontinhos, que é cinco, cinco, é um ponto só...esses de baixo, é um ponto só. Aqui e aqui. Cada linha dessa tem 100. Aí é dividido em quatro nós. Cada nó tem 25 pontinhos. Presta atenção aí rs

M₂: Aí é por isso que aqui tá em um, e aqui tá em outro, né?

M₁: É, aí nesse caso daqui, nessas, cada ponto é..

M₂: Por linha.

M₁: Isso. Aí eu posso botar na mesma linha, e aqui é por colunas. Aí aqui eu posso botar na mesma linha, e aqui eu não posso. Por isso que estava dessa forma aqui.

(Trecho da transcrição da OI_p, 2020).

A seguir (Quadro 9), destacamos alguns componentes dos esquemas (objetivos, regras de ação e invariantes operatórios) de M₁ para cada evento relacionado à resolução da situação proposta (Eventos 7 a 14, Quadro 8).

Quadro 9 – Detalhamento de componentes dos esquemas mobilizados por M₁ na resolução da situação

Evento (quadro 8)	Objetivos	Regra de ação, controle, e tomada de ação por M₁	Invariantes operatórios	Inferências
7	Medir a corrente elétrica do resistor	Manusear a fonte de alimentação e o multímetro no modo amperímetro; questionar os professores de eletroeletrônica sobre a variação irregular da corrente	Corrente elétrica; variação das grandezas de uma função afim	A variação não linear das grandezas pode ser devido a alguma falha ou ao uso incorreto dos artefatos
8	Estabelecer o domínio da função pelos valores da tensão	Calcular a máxima tensão suportada	Domínio da função afim; máxima tensão suportada por um resistor	O domínio da função é o intervalo que vai de zero até o valor da tensão máxima suportada pelo resistor
9	Definir as grandezas para abcissa e ordenada da função	Questionar o ministrante sobre o papel das grandezas na função e fazer a escolha	Significado das grandezas elétricas e sua interpretação na função afim	É possível escolher onde representar cada grandeza (abscissa ou ordenada) a depender do contexto
11	Calcular a resistência dos resistores restantes	Calcular a resistência elétrica dos resistores por meio do seu código de cores; aferir a resistência com o multímetro e comparar os valores obtidos	Resistência elétrica; cálculo da resistência elétrica pelo código de cores do resistor	É possível calcular a resistência pelo código de cores ou com o multímetro no modo ohmímetro
12	Calcular a corrente máxima do resistor e escolher a escala do amperímetro	Questionar o ministrante a respeito do intervalo de tensão e escolha da escala do multímetro	Corrente elétrica; subunidades de medida da corrente	Pode escolher uma escala menor do amperímetro e aumentá-la conforme o crescimento da intensidade da corrente para obter valores mais precisos

Continua

Quadro 9 – Detalhamento de componentes dos esquemas mobilizados por M_1 na resolução da situação

Evento (quadro 8)	Objetivos	Regra de ação, controle, e tomada de ação por M_1	Invariantes operatórios	Inferências
13	Explicar à dupla sobre o uso do <i>protoboard</i>	Relatar à dupla como o <i>protoboard</i> funciona, como conectar um resistor a ele	Nó elétrico; curto circuito	A conexão de dois terminais do resistor no mesmo nó elétrico causa um curto circuito
14	Medir a corrente elétrica com mudança da escala do amperímetro	Mudar a escala do amperímetro e medir corrente; questionar os professores de eletro a respeito do manuseio do artefato	Corrente elétrica; subunidades de medida da corrente	Ainda que a escala do amperímetro seja escolhida adequadamente, o artefato pode não retornar o valor esperado por limitação de casas decimais

Fonte: A autora (2020).

Em relação aos **artefatos profissionais**, concluímos que sua gênese instrumental foi efetivada, para o que foi proposto. Como o tempo de duração da OI_p ultrapassou o previsto, M_1 precisou sair antes do término. Por conta disso, não executou a tarefa 6 (Evento 13, Quadro 5), e, conseqüentemente, o Item ii.D (Quadro 6) não foi contemplado por ele: a obtenção de uma função afim não linear utilizando os artefatos disponíveis. Assim, a respeito das **conexões entre os conteúdos técnico e matemático**, sua gênese instrumental foi efetivada apenas nas relações com a função linear, que era a proposta principal. Em relação aos exemplos dos elementos do **Modelo da OI, num contexto interdisciplinar** (Item iii, Quadro 6), acreditamos que tenham sido contemplados pelas tarefas (propostas por E_1) vivenciadas e executadas por M_1 .

Como melhorias para uma nova vivência da OI_p , sugerimos: aumentar seu tempo de duração para 3 horas; fazer um levantamento prévio de conhecimentos relativos à temática técnica por parte dos professores de matemática, a fim de criar elementos na configuração didática que supram quaisquer demandas; ajustar a configuração didática para criar mais espaços de compartilhamento e discussão das produções obtidas na resolução das tarefas, e para fazer mais conexões entre as áreas matemática e profissional.

5.5.2 Performance didática da OI_2

A implementação da OI_2 iniciou no horário previsto. M_5 e M_6 se atrasaram um pouco, em torno de 10 minutos, e E_1 e M_3 não compareceram (por questões pessoais), avisando à

formadora poucos minutos antes de começar. Este imprevisto não foi antecipado, já que todos compareceram no dia anterior e confirmaram presença no dia seguinte. A ausência dos professores se estendeu à OI₃, uma vez que ambas as orquestrações foram vivenciadas, sequencialmente, no mesmo dia. Por questão de disponibilidade dos participantes, que já estavam presentes, a formadora decidiu prosseguir com a vivência. O imprevisto não acarretou em modificações à execução da configuração didática da OI₂, mas impossibilitou uma análise completa da gênese instrumental dos professores faltantes, além de o grupo ter ficado sem as contribuições destes docentes nas discussões.

F iniciou a conversa perguntando se os participantes leram o texto, todos confirmaram. Entretanto, na configuração didática não foram criados elementos relativos à participação dos professores que garantisse, de fato, que a leitura foi feita. Em seguida, F falou um pouco sobre a formação: sua divisão em três momentos, ou três orquestrações; no que consistia cada uma das orquestrações; o contexto em que a OI surgiu e como se deu a criação do modelo da MOI, relatando que aquela formação foi inspirada em tal modelo.

A apresentação da formadora foi guiada por slides projetados no quadro branco (Figura 22), e sequencialmente ela explanou e discutiu os seguintes tópicos: os objetivos pretendidos com a OI₂; a divisão do modelo em três elementos; os conceitos de esquema, artefato, instrumento e gênese instrumental, a partir de exemplos utilizados no texto base; os conceitos de instrumentação e instrumentalização, a partir da vivência da OI_p e de exemplos do texto; inserção e integração de tecnologias na sala de aula (utilizando exemplo do texto) e potencialidade de integração de recursos no ensino integrado; conceito de situação e como ela norteia o planejamento de uma OI; conceitos de orquestração instrumental, configuração didática e modo de execução; como se deu a necessidade de criação de um terceiro elemento: a performance didática, e no que consiste. Até aqui, apenas F falou, pois da forma que foi conduzida a apresentação não foi aberto espaço para diálogos. Com exceção dos conceitos de instrumentação e instrumentalização, todos os outros foram apresentados e explicados sem utilizar a OI_p como exemplo.

Figura 22 – Vivência da OI₂

Fonte: Registrada pela autora na vivência da OI₂ (2020).

Após essas explicações, F propôs aos participantes que correlacionassem a vivência da OI_p, do dia anterior, aos aspectos teóricos do modelo da orquestração instrumental. Conforme planejado, a discussão foi provocada, aos poucos, pela formadora, que questionou os professores de matemática a respeito dos objetivos da OI_p. M₁ fala em *‘mostrar a relação do conteúdo técnico com função afim’* e M₂ complementa com *‘contextualizar o ensino da função afim em uma situação aplicada ao curso técnico’*. Já M₄ acrescenta que visualiza como objetivo da OI_p *‘inserir os professores de matemática em um outro contexto para que possam aprender sobre aquilo e desenvolver alguma atividade relacionada à matemática’*. M₆ afirma que vivenciar aquela situação experimentalmente é fundamental para que os professores possam compreender e estabelecer as relações, verificar se de fato se trata de uma função afim, etc. Neste momento, F fala a respeito da oficina para a OI_p (Apêndice D), e do quanto sua vivência foi fundamental para que ela conseguisse compreender estas relações. Ao discorrer sobre o assunto, fala de eventos previstos e imprevistos e como compõem a configuração didática e o modo de execução da OI, e apresenta e discute os demais objetivos pretendidos com a OI_p.

Em seguida, especifica qual foi a situação proposta na OI_p, definindo o que é situação técnico-matemática, e questiona os docentes a respeito dos artefatos utilizados na OI_p. M₅ menciona o multímetro, M₄ o resistor, M₂ a fonte de alimentação. Após complementar suas respostas, a formadora expõe quais foram a configuração didática e o modo de execução planejados para a OI_p, relatando os papéis dos sujeitos, dos artefatos, os eventos previstos.

F aproveita a discussão para falar da etapa da performance didática, e convida os participantes a analisarem a vivência da OI_p junto com ela. Questiona-os a respeito dos eventos

imprevistos e das decisões *ad hoc* na OI_p. A partir deste momento, M₄, que já opinava sempre que surgia oportunidade, se destaca em relação aos outros participantes quanto à sua participação e a ponderações feitas. Da mesma forma, E₂ começa a comentar a todo tempo, tentando contribuir com as discussões.

M₄ cita seu atraso como exemplo de imprevisto, mostra ter compreendido bem a decisão *ad hoc* tomada pelos formadores de deixar E₂ atualizá-lo até ele ter condições de se juntar ao resto do grupo. Comenta que conseguiu acompanhar uma parte, mas que ficaram lacunas que provavelmente não teriam ficado se não tivesse se atrasado, ainda que por motivo justificado. Ele traz a reflexão sobre o atraso dos alunos, em como os professores normalmente não se programam para isso e como acreditam que o aluno vai acompanhar, quando na verdade isso é muito difícil de ocorrer.

M₂ também cita o imprevisto com as fontes de alimentação, engajando uma conversa com E₂ sobre o ocorrido e como poderia ter sido evitado. Em seguida, E₂ traz mais uma reflexão sobre um evento que pode acontecer, mas normalmente não é previsto: ainda que toda a turma esteja presente, a possibilidade de a maior parte dela não conseguir entender o que ele está explicando, ou de não entender o funcionamento dos equipamentos. F alimenta a discussão e aproveita para analisar outros pontos da performance didática, e reitera a necessidade desta etapa numa orquestração instrumental, fazendo analogia entre o modelo e uma banda de jazz.

Ao finalizar as considerações a respeito da performance didática da OI_p, F levanta uma última reflexão: qual o diferencial que a modalidade de ensino técnico integrado ao médio pode oferecer na utilização do modelo da OI? Após algumas questões serem discutidas - como o fato de os professores de matemática do campus terem toda a estrutura referente aos cursos técnicos à disposição, mas não terem uma devida orientação ou formação para utilizá-la -, M₄ faz mais uma contribuição:

M₄: Até o diálogo entre os profissionais, também, é importante, né? Porque, por exemplo, numa reunião no próprio curso de engenharia, quando a gente discutiu a questão dos números complexos, e algum dos professores... isso foi ano passado. Alguns dos professores, da área técnica mesmo, já falaram sobre isso: 'gente, vocês podem dar mais atenção a esse aspecto'. Não é isso fechado, mas uma sugestão do professor da área técnica ao professor de matemática: 'vocês poderiam trabalhar mais esse assunto aqui, pra gente vai ajudar quando a gente tiver vendo tal tema, né'.

(Trecho da transcrição da OI₂, 2020).

Nesta fala, M₄ ressalta a importância da comunicação entre os professores das diferentes áreas, e de como essa conversa poderia influenciar nos aspectos a serem ressaltados ao trabalhar

cada conteúdo, pensando numa perspectiva mais prática, de utilidade no curso profissional. E₂ continua o debate:

E₂: Tinha um detalhe, até, em circuitos 2, que utiliza a parte de números complexos. Aí o pessoal estava falando, fazendo uma revisão, só que eu foquei, claro, no que eu ia utilizar, né. E a forma com que eu abordei foi totalmente prática. Não mostrei a eles, por exemplo, fórmula, nada, nada. E eles haviam mecanizado de um jeito no semestre anterior, com o professor de matemática, que quando eu fui falar, eles: ‘professor, não sei fazer assim não’. Paciência, faça do jeito que você quiser. Aqui a gente aborda dessa forma, os símbolos são esses, para mostrar ângulo, defasagem, a gente usa símbolos diferentes, a letra é diferente, é ‘i + j’, assim, acho que isso entra também na questão de como se aborda, né?

M₄: Eu acho que tem a ver também... como até foi abordado por E₁ ontem. No modelo para a sala de aula, entendeu, no quadro, com a prática. Porque, como ele falou aí, ele fez lá um cálculo, e disse: agora vocês façam na prática. E quando a gente foi fazer, disse: como? Né, o cara as vezes sabe fazer ali, mas não sabe colocar na prática. É o mesmo assunto, mas são formas diferentes de você apresentar. O cara pode ser ótimo, mas...

(Trecho da transcrição da OI₂, 2020).

Como discutem os docentes, normalmente não há uma conexão sequer na forma de abordar exatamente os mesmos assuntos, em diferentes áreas. Em geral, cada professor ressalta os aspectos importantes do conteúdo para a sua própria disciplina, perdendo a oportunidade de abordá-lo em uma perspectiva interdisciplinar, o que poderia facilitar o aprendizado dos estudantes, em ambas as áreas. Ao levar a discussão para a necessidade de diferenciar a forma de abordar os conteúdos na disciplina de matemática de cada curso técnico, M₂ finaliza com a seguinte afirmação: “elas precisam ser diferentes, porque são *matemáticas* para cursos diferentes”.

Satisfeita com a discussão, F conduz a questão da necessidade da interdisciplinaridade ao uso do modelo da OI:

F: O modelo da orquestração instrumental, ele foi feito para dar suporte a tecnologias. E qual é o diferencial do ensino integrado? São as tecnologias a mais que ele oferece, particulares do curso técnico. Então, por exemplo, ontem a gente teve uma inserção de várias tecnologias. Todo o aparato técnico do curso de eletroeletrônica: de multímetro, de bancada, fonte de alimentação, resistores, cabo de conexão, tudo aquilo é uma tecnologia a mais que a gente pode inserir e integrar nas nossas aulas. Claro, não é fácil, a gente sabe que já tem muito trabalho, que já demanda muito tempo, e isso é um problema grande, porque demanda esse esforço extra do professor, que muitas vezes tem uma rotina já bem corrida. [...] óbvio, isso vai exigir que a gente saia da nossa zona de conforto, que a gente separe um tempo maior, que, muitas vezes, dependendo da rotina, não é possível. Mas às vezes é, e a gente só precisa de um estímulo, uma formação para isso. Alguém que oriente como fazer. Então é a gente que tem, realmente, que correr atrás para tentar melhorar essa questão. E o diferencial do ensino técnico integrado é esse, é a gente

usar essas tecnologias. Não só tecnologias, mas situações do curso técnico, e tentar integrar nas aulas de matemática de forma que dê sentido ao conteúdo matemático. O aluno vai ver na disciplina técnica, então ele tem esse estímulo a mais, tanto para a disciplina técnica, quanto para o conteúdo matemático. Então eu não vou usar em função afim só uma questão que eu peguei num contexto qualquer, como de táxi: ‘a bandeirada é tanto, e o valor por quilometragem é tanto’. Não, eu vou estar vendo uma situação que está inserida no meu eixo profissional, que aqui no caso é eletroeletrônica, e eu vou conseguir fazer esse link do curso técnico com o conteúdo matemático, estarei dando sentido ao conteúdo. E ao mesmo tempo o aluno está mais estimulado na hora que vai ver lá a disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica: ‘eita, eu estou vendo isso em matemática’. Então eu vou conseguir fazer essa relação. É uma via de mão dupla que ajuda os dois lados, tanto o técnico quanto o matemático. O ensino técnico integrado, especificamente, traz esse diferencial, que a gente pode utilizar. Mas como? Na verdade, toda a minha questão é como o modelo da orquestração instrumental pode dar suporte nisso.

(Trecho da transcrição da OI₂, 2020).

Aqui, ela ressalta alguns pontos importantes: a possibilidade do professor poder e/ou querer sair da zona de conforto para se capacitar a abordar conteúdos de forma interdisciplinar; como não só os artefatos do curso técnico, mas também as situações podem ser utilizadas para fazer essas conexões com o conteúdo matemático e o grande potencial que o ensino técnico tem para isso; o quão vantajoso é, para ambas as áreas, uma abordagem interdisciplinar; como o modelo da OI pode oferecer suporte para o uso dessas situações e tecnologias.

Neste momento, F se preocupa com o tempo extrapolado em 20 minutos, e já prevê que não será possível concluir o que foi planejado para a OI₃. Mas tranquiliza os participantes, explicando que o término da formação não irá ultrapassar o horário previsto, pois fará os ajustes que forem necessários. Isso porque alguns dos participantes já avisaram, antes do início da vivência, que não poderiam ficar além do horário combinado. A formadora dá um intervalo de 10 minutos antes de iniciar a vivência da OI₃.

Após estas considerações, finalizaremos esta análise com algumas conclusões e sugestões de melhorias. De uma maneira geral, as discussões ficaram centradas na formadora: ela não disponibilizou muito tempo para os debates, o que poderia ter sido mais enriquecedor. Para isso, seria necessário um maior tempo de duração da OI e algumas modificações na forma que os argumentos foram desenvolvidos. De qualquer forma, o tempo da orquestração instrumental precisaria ser aumentado, já que extrapolou e prejudicou a vivência da OI₃.

Ademais, embora os elementos da OI *pivot* tenham sido utilizados como planejado – após as definições de cada elemento relativo ao modelo, apenas para servir como exemplos e auxiliar na compreensão dos professores –, poderiam ser mais eficazes se usados para

apresentar e caracterizar esses elementos, indo além de uma contextualização. Já que a formadora utilizou diversos exemplos do texto base para a caracterização dos elementos do modelo, enxergamos a potencialidade na elaboração de um material que relacionasse, de fato, a vivência da OI_p com tais elementos, servindo de guia na discussão desta OI_2 . Além disso, facilitaria a leitura e interpretação do texto por parte dos professores. Ainda sobre a vivência da OI_p , poderia ser aberto um espaço para discuti-la, o que iria favorecer a identificação das impressões e dificuldades encontradas pelos professores, tornando mais precisa, também, a análise de suas gêneses instrumentais.

A participação ativa do professor de eletroeletrônica nas discussões mostrou que teria sido de grande contribuição direcionar a formação a eles, também. Neste caso, seu papel seria ampliado: passaria de apenas auxiliar na formação do professor de matemática, para também ser pensado como participante em formação. Aqui, ratificamos que a interdisciplinaridade almejada se resumiu a uma contextualização. Pouca ênfase é dada não só aos exemplos da OI_p na apresentação dos elementos do modelo, mas também ao papel dos professores de eletroeletrônica nesta formação, que nem sequer receberam o texto base da discussão para leitura. A ausência de E_1 também fez muita diferença nas discussões, uma vez que o docente (que conduziu a OI_p) possui muito conhecimento a respeito do modelo da OI e de como abordar as temáticas de ambas as áreas de forma interdisciplinar, o que teria trazido grandes contribuições para a discussão.

Quanto ao intervalo entre as vivências das duas orquestrações (OI_p e OI_2), se ele fosse maior (foi de apenas 1 dia), a formadora poderia ter, na OI_2 , discutido a *performance* didática da OI_p de maneira mais completa. Além disso, o texto base para discussão poderia ser disponibilizado apenas neste intervalo, com tempo apropriado para leitura. Uma vez que o material utilizaria exemplos da OI_p para caracterizar os elementos do modelo, poderia ser mais eficaz se lido após a vivência da referida orquestração instrumental.

Por fim, as reflexões e análises feitas pelos participantes a respeito do Modelo da OI e seus elementos indicaram que a similaridade da formação com uma MOI vai além de características comuns, mas, se feitos alguns ajustes, pode ser caracterizada como uma. Estes ajustes têm o potencial de evitar algumas falhas ocorridas e melhor estruturar a formação, como um todo.

5.5.3 Performance didática da OI_3

Por extrapolação de tempo da OI_2 , não foi possível a resolução da situação proposta nesta OI . Assim, com base na interação dos participantes, faremos apenas a análise da

performance didática relativa à primeira parte da OI, que consiste na apresentação dos resultados do estudo inicial e nas instruções dadas para a resolução da situação proposta.

Com duração de 27 minutos, estava prevista para durar cerca de 20 minutos. Algumas discussões não foram aprofundadas por falta de tempo, logo a OI precisa de mais tempo de duração. Da mesma forma que ocorreu na OI₂, E₁ e M₃ não estavam presentes, já que ambas as orquestrações foram vivenciadas sequencialmente, no mesmo dia.

F começa explicitando os objetivos pretendidos com a OI₃, o que já acarreta na apresentação dos resultados do primeiro estudo. Ao discutir as tabelas de distribuição de conteúdos matemáticos nas disciplinas técnicas e como foi feito esse levantamento de dados, os professores demonstram muito interesse e iniciam uma conversa:

M₄: Muito bom isso aqui. Eu estava fazendo assim, de vez em quando passava pros professores, o pessoal da área técnica, eles diziam ‘o menino não sabe resolver tal coisa’. Aí eu pensava, preciso ver isso. Conversa informal mesmo.

E₂: É bom não necessariamente oficializar, mas ter esse contato mais frequente.

M₂: Mas é dada essa oportunidade, quando a gente formula o PPC, são todos os professores, por curso.

E₂: Mas mesmo assim... por exemplo, vou levar mais uma vez para números complexos. Estar lá no PPC de números complexos, num local mais apropriado, eu acho que não dá esse feeling de como abordar. Aí eu acho que esse contato aí também ajudaria, né...

(Trecho da transcrição da OI₃, 2020).

A formadora faz algumas considerações, inclusive sobre a última formulação do PPC ter sido em 2012. E guia a conversa para apresentar o resultado final do primeiro estudo: as propostas de temáticas interdisciplinares. Mais uma vez, os professores demonstram muito interesse no material, e M₁ e M₄ sugerem utilizar o método de coleta adaptado para fazer o mesmo levantamento referente aos outros cursos técnicos do *campus*, especialmente o de informática.

A formadora, então, apresenta a situação de formação prática definida para a OI₃ e dá as instruções aos participantes para resolvê-la. Quanto à ausência de M₃, F toma a decisão *ad hoc* de deixar para M₄ decidir se prefere se juntar a uma das duplas ou, já que a situação vai ser resolvida em um posterior momento assíncrono, fazer com sua dupla M₃, ficando responsável por repassá-lo o que foi discutido neste segundo dia de formação. Como reação *ad hoc*, M₄ faz uma sugestão de possibilidade a ser incluída nas condições de criação, a qual é bem acolhida pela formadora:

M₄: Eu pensei também, o seguinte. Você falando aí, na questão, por exemplo... o professor vai fazer uma atividade dessa em uma sala. E um outro que pudesse

participar daquele momento para auxiliar. Que nem como a aula dos meninos ontem né, um ali falando, o outro auxiliando, acho que seria interessante.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2020).

F explica que estas especificações devem ser feitas na configuração didática e modo de execução da orquestração instrumental, e também fala da necessidade de utilização de artefatos usados na OI_p. Neste momento, M₅ demonstra preocupação em elaborar esta OI já que, na distribuição de disciplinas daquele ano, não ficou responsável por nenhuma turma de eletroeletrônica. A formadora explica que a elaboração independe desta condição, e então E₂ dá a seguinte sugestão:

E₂: Mas não precisa ser de elétrica. Eu acho que, em relação aos equipamentos, na questão da teoria de tensão, corrente, eu acho que ainda dá, claro, tem que ter um pouquinho mais de... mas ainda dá pra pegar o pessoal de meio ambiente, de informática.. Se eles chegassem e colocassem no planejamento da orquestração, por exemplo, falar dos instrumentos que são de elétrica. Querendo ou não, foca em elétrica, digamos assim. Ele está pegando conceitos de elétrica para associar ainda em matemática. Eu sei que... embora a pessoa não seja de elétrica, né, mas tem que buscar esses conhecimentos da área da gente.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2020).

A formadora não previu a possibilidade de um participante sugerir a integração com outro curso técnico, ainda mais sendo um professor de eletroeletrônica. Então toma a decisão *ad hoc* de não considerar esta ampliação na produção. Explica que apesar de apoiar essa expansão para os outros cursos, naquele momento, considerando o direcionamento de tudo o que foi vivenciado naquela formação ao curso de eletroeletrônica, a orquestração instrumental deve ser criada pensando na área mesmo.

Ao perceber que aquela vivência estava se encaminhando para o desfecho, M₅ faz o seguinte comentário:

M₅: Eu não me sinto preparado em quase nada para dar uma aula utilizando aqueles artefatos como a gente vivenciou.

F: Mas você não precisa utilizar como foi feito com vocês.

M₅: Pra não atrapalhar, eu não fiquei perguntando. Mas não dá pra dar uma aula de como medir tensão, como medir corrente elétrica, sem saber o que é tensão. A minha vontade era perguntar: o que é tensão? O que é corrente elétrica? Eu entendi como relacionar a Lei de Ohm à função afim. Mas o que é tensão? O que é corrente?

(Trecho da transcrição da OI₃, 2020).

Neste momento, fica evidente mais uma vez a necessidade de um levantamento prévio dos conhecimentos referentes à temática técnica por parte dos professores de matemática, e da necessidade de incluir na configuração didática da OI_p explicações do ministrante sobre tais

conteúdos, considerando o pouco ou inexistente conhecimento dos participantes a esse respeito. Em relação aos esquemas do professor de matemática, existe um objetivo, ele possui regras de ação, mas há uma lacuna referente ao conceito em ação, e por conta disso ele não consegue desenvolver o esquema de uso, e nem mesmo vislumbrar esse desenvolvimento. Também, ressaltamos novamente a importância de abrir um espaço de discussão sobre a vivência da OI_p.

Já que alguns dos participantes avisaram que precisavam ir embora no horário combinado, a formadora finaliza o encontro fazendo um acordo com eles: os professores de matemática ficarão responsáveis por se articular entre si para resolver a situação e enviá-la posteriormente. Eles solicitam que o prazo seja o maior possível, e F acata ficando acordado até a primeira semana de abril, ou seja, até 2 meses depois do encontro. Neste período, poderão solicitar a ajuda dos professores de eletroeletrônica no que precisarem, podendo, também, entrar em contato com a formadora a qualquer tempo. Assim como planejado originalmente, o envio será por e-mail em documento do *Word*.

Uma vez que F já previa a possibilidade de envio posterior ao dia da execução da OI pelos participantes, acreditou que não haveria problema em dar mais tempo para que se organizassem. Entretanto, neste intervalo as aulas no instituto foram suspensas devido à pandemia mundial causada pelo coronavírus, e a formadora não achou adequado cobrar aos professores a produção combinada. Nenhuma das duplas realizou o envio do material acordado.

5.5.4 Considerações oriundas da análise da formação interdisciplinar

Nesta seção serão sintetizados os resultados discutidos nas análises das performances didáticas de cada orquestração instrumental e da formação como um todo.

A partir das análises, concluímos que o objetivo geral almejado não foi alcançado. Não só por a situação proposta na OI₃ não ter sido resolvida (por falta de tempo), mas, principalmente, porque a formação não se caracterizou como interdisciplinar, de fato. Chegamos apenas a uma contextualização entre as áreas matemática e técnica. Acreditamos que o motivo disto ter ocorrido se deve, especialmente, ao fato da formação ter sido centrada nos professores de matemática, ficando os de eletroeletrônica apenas como colaboradores da formação dos colegas. Ademais, na discussão iniciada na OI₃ ficou claro que os professores de matemática não se sentiam seguros para propor uma situação técnico-matemática aos estudantes por acreditarem não ter o conhecimento necessário.

Neste sentido, optamos por reestruturar toda a formação e testá-la novamente, fazendo as adaptações necessárias. Agora, a formação será destinada aos professores de ambas as áreas

para que juntos possam criar a OI interdisciplinar. A seguir, listamos as principais modificações a serem feitas e suas respectivas justificativas:

- 1) A formação será adaptada para a forma remota (na plataforma do *Google Meet*), devido à pandemia causada pelo novo coronavírus.
- 2) Uma vez que a vivência da nova OI *pivot* será remota, haverá uma adaptação quanto ao local: a situação antes vivenciada no laboratório de eletroeletrônica acontecerá com uso de simulador virtual on-line de construção de circuitos elétricos.
- 3) Alguns dias antes da vivência da OI_p, será enviado um questionário aos professores de matemática a fim de fazer um levantamento prévio de seus conhecimentos a respeito da temática técnica, e a configuração didática da OI_p será ajustada de acordo com as necessidades dos professores de matemática.
- 4) Mais uma orquestração instrumental será adicionada à formação: será assíncrona e disponibilizada ao final da vivência da OI_p. A segunda OI da nova formação – agora composta por quatro orquestrações instrumentais – consistirá na leitura de um texto elaborado pela formadora com contribuição do professor de eletroeletrônica, com formulação de duas perguntas a respeito do conteúdo do documento. A apresentação dialogada da OI₃ será norteada pelo texto, cuja leitura por parte dos participantes será essencial para acompanhar as discussões. Além das conexões estabelecidas entre a vivência da OI_p e os pressupostos teóricos e elementos do modelo da OI, o documento tratará alguns conceitos básicos de elétrica, a fim de consolidar o que for trabalhado na OI_p.
- 5) Apenas alguns sujeitos participantes da primeira formação estarão presentes na segunda versão: F, E₁, M₁ e M₄. Optamos por reduzir a quantidade para tentar controlar as faltas e atrasos, além de facilitar a coleta e análise dos dados, contemplando todos os envolvidos. Dentre os professores de eletroeletrônica, E₁ foi selecionado por conduzir a OI_p, além de já trabalhar com o simulador virtual. E dentre os de matemática, M₁ participou mais ativamente da OI_p, e M₄ da OI₂ e OI₃, portanto foram os selecionados para participar da nova formação.
- 6) Cada orquestração instrumental síncrona (OI_p, OI₃ e OI₄) terá duração de três horas, com intervalo de 1 semana entre elas. Este aumento na duração das vivências é justificado porque houve extrapolação de tempo em todas elas. O intervalo entre a OI_p e a OI₃ é dado para a leitura do texto (OI₂), e o intervalo entre a OI₃ e a OI₄ se deve à disponibilidade dos participantes.

Além destas modificações gerais, uma vez que a análise das performances didáticas apontou o favorecimento de reflexões sobre a OI a partir de uma formação pautada no próprio modelo, a nova formação consistirá em uma Metaorquestração Instrumental (MOI) que ofereça suporte à interdisciplinaridade relativa ao contexto do ensino técnico. Sendo assim, o terceiro estudo da presente pesquisa consiste em uma **MOI interdisciplinar**.

6 A MOI INTERDISCIPLINAR

Neste capítulo será dada uma definição inicial de MOI interdisciplinar; o detalhamento de sua metodologia: o objetivo geral, os sujeitos participantes, o design, a descrição de cada uma das orquestrações que a compõem; e, por fim, uma análise dos resultados alcançados: a descrição das performances didáticas de cada OI, e uma discussão da metaperformance didática da MOI, como um todo.

6.1 Definição de MOI Interdisciplinar

Com base na definição de Metaorquestração Instrumental feita por Lucena (2018), definimos como **Metaorquestração Instrumental Interdisciplinar** a gestão sistemática e intencional, por agentes formadores, dos artefatos e dos sujeitos (professores de diferentes áreas do conhecimento) confrontados com uma metassituação, com o objetivo de se apropriarem do conceito de OI pautado em um contexto interdisciplinar.

6.2 Metodologia do estudo da MOI Interdisciplinar

6.2.1 Objetivo geral da MOI interdisciplinar

Elaborar e testar uma MOI interdisciplinar para formação teórico-prática de professores do ensino técnico das áreas de matemática e de eletroeletrônica sobre a OI, considerando as especificidades do ensino técnico integrado.

6.2.2 Sujeitos

Toda a MOI interdisciplinar será vivenciada por parte dos sujeitos participantes da formação anterior: um de eletroeletrônica (E_1) e dois de matemática (M_1 e M_4). A formadora (F) também estará presente na vivência de todas as orquestrações.

6.2.3 Design da MOI interdisciplinar

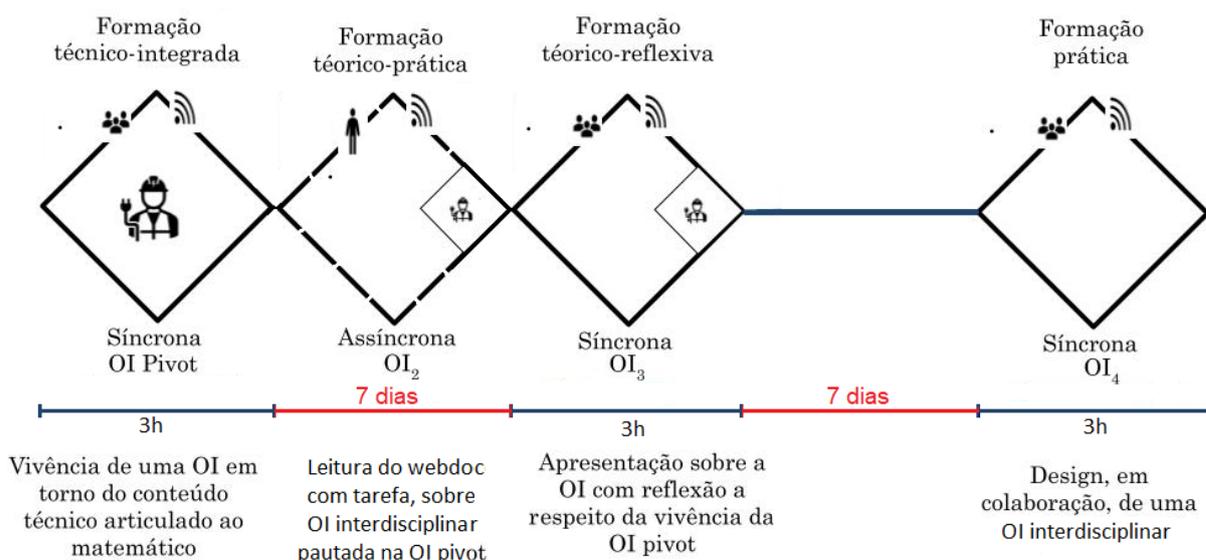
A MOI interdisciplinar (MORAIS; GITIRANA; LUCENA, 2021a) é composta por quatro orquestrações instrumentais sequenciais (Figura 23):

- 1) **OI Pivot**: elaborada e ministrada por docente da área técnica, com colaboração da formadora. Esta primeira OI é centrada nos professores de matemática, e seu objetivo é formá-los a respeito de conhecimentos e artefatos técnicos característicos do curso profissional, buscando que eles relacionem os conteúdos técnicos ao matemático. Com

duração de 3 horas, esta OI ocorre de forma síncrona na plataforma *Google Meet* e utiliza um simulador virtual de construção de circuitos elétricos.

- 2) **OI₂**: consiste na leitura e interpretação de um documento no formato *webdoc*, elaborado pela formadora com colaboração do docente da área técnica. No documento constam eventos da vivência da OI_p que exemplificam elementos do modelo da OI e seus fundamentos teóricos, além de trabalhar alguns conceitos básicos de elétrica. O *webdoc* é disponibilizado ao final da vivência da OI *pivot*, quando a formadora dá as instruções necessárias à sua leitura e à elaboração de duas questões, a serem realizadas de forma assíncrona no prazo de uma semana. O objetivo desta segunda OI é oferecer suporte aos professores na apropriação de tais conceitos, em um contexto interdisciplinar, a serem discutidos na OI₃.
- 3) **OI₃**: elaborada pela formadora, objetiva formar os docentes participantes a respeito do Modelo da OI a partir de uma discussão sobre conceitos apreendidos em um contexto interdisciplinar. Esta terceira OI é centrada na formadora, a qual utiliza as vivências da OI_p e da OI₂ como exemplos para discussão. Com duração de 3 horas, ocorre de forma síncrona na plataforma *Google Meet*.
- 4) **OI₄**: planejada pela formadora, objetiva propiciar aos professores de ambas as áreas espaço e estrutura para criarem, juntos, sua OI interdisciplinar. Com duração de 3 horas, ocorre de forma síncrona na plataforma *Google Meet*.

Figura 23 – Design da MOI interdisciplinar



Fonte: A autora (2021).

6.2.4 Detalhamento das OI interdisciplinares

Nesta seção serão detalhadas cada uma das OI que compõem a MOI interdisciplinar em relação ao seu planejamento (objetivos, especificação da situação a ser proposta e classe de situação, configuração didática e modo de execução). No que concerne à especificação das situações propostas em cada orquestração instrumental, também serão expostas as classes a que pertencem, uma vez que esta formação consiste em uma MOI.

6.2.4.1 OI *Pivot on-line*

A fim de diferenciar esta orquestração instrumental da OI *pivot* que compõe a primeira formação, a chamaremos de OI *pivot on-line*, uma vez que foi implementada remotamente (assim como o resto da MOI interdisciplinar).

A OI_p on-line (MORAIS; GITIRANA; LUCENA, 2021b) é centrada na formação dos professores de matemática a respeito de temáticas, situações e artefatos referentes ao curso técnico em eletroeletrônica a partir de uma abordagem interdisciplinar. Tem como objetivo estudar conceitos elétricos (resistência, tensão, corrente e potência); estabelecer conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos (Lei de Ohm e Lei das Tensões de Kirchhoff com função afim); proporcionar aos professores de matemática uma aprendizagem sobre técnicas e artefatos relativos ao curso técnico a partir da utilização de algumas ferramentas em laboratório virtual (plataforma *Phet*); e proporcionar aos participantes a vivência de uma orquestração instrumental interdisciplinar, a fim de facilitar a aprendizagem sobre o modelo no contexto do ensino técnico nas próximas etapas da formação.

6.2.4.1.1 A situação técnico-matemática

Assim como na OI_p presencial, para resolver a situação técnico-matemática a ser proposta, os professores de matemática precisam dominar conhecimentos teóricos relativos à temática de eletroeletrônica e saber relacioná-los ao conteúdo de função. Também devem saber manusear algumas ferramentas do simulador virtual de circuitos elétricos. Por conta disso, a situação também será proposta aos participantes após algum tempo de vivência da OI.

Uma vez que a situação técnico-matemática é interdisciplinar, foi elaborada conjuntamente por E₁ e F, que adaptaram a situação proposta na versão presencial da OI_p considerando a análise da performance didática e as particularidades da modalidade remota.

A seguir, descrevemos a situação técnico-matemática e a classe de situação da versão on-line da OI_p:

- a) **Situação técnico-matemática:** Construir um circuito elétrico, com suporte de um multímetro e demais artefatos disponíveis no laboratório virtual, e desenhar o gráfico de *tensão x corrente* relativo a um resistor dentro do intervalo de máxima tensão suportada por ele, interpretando o significado das grandezas elétricas envolvidas e sua relação com os elementos da função afim (domínio, imagem, coeficiente angular, coeficiente linear).
- b) **Classe da situação técnico-matemática:** Construir um circuito elétrico, por meio de artefatos técnicos, e desenhar o gráfico de *tensão x corrente* relativo a um resistor, obedecendo certas condições, relacionando os conteúdos físico e matemático.

Em relação à OI_p presencial, foram feitas as seguintes mudanças relativas à situação técnico-matemática proposta:

- 1) Mudança do ambiente físico (laboratório de eletroeletrônica) para o virtual (simulador de montagem de circuitos elétricos).
- 2) Restrição a apenas um resistor a ser estudado, explicitando a intenção de interpretar o significado matemático de cada elemento. Na versão presencial propomos o estudo referente a dois resistores distintos, a fim de possibilitar aos participantes uma comparação dos resultados obtidos nos dois casos, levando-os a fazerem a relação entre as grandezas elétricas e os elementos da função afim. Entretanto, na análise da performance didática percebemos que os professores não fizeram essa comparação, talvez por falta de tempo. Ainda assim, optamos por restringir a tarefa a um resistor, e explicitar as intenções didáticas na situação proposta.
- 3) Explicitamos a construção do circuito elétrico. Nesta versão o conceito será discutido previamente com os professores de matemática.

O objetivo da situação proposta na OI *pivot* é auxiliar o professor de matemática na consolidação de seus aprendizados relativos à temática e artefatos técnicos profissionais. Ao tentar resolver a situação, esperamos que ele reflita sobre a relação com o conteúdo matemático, fazendo as devidas correspondências entre as áreas.

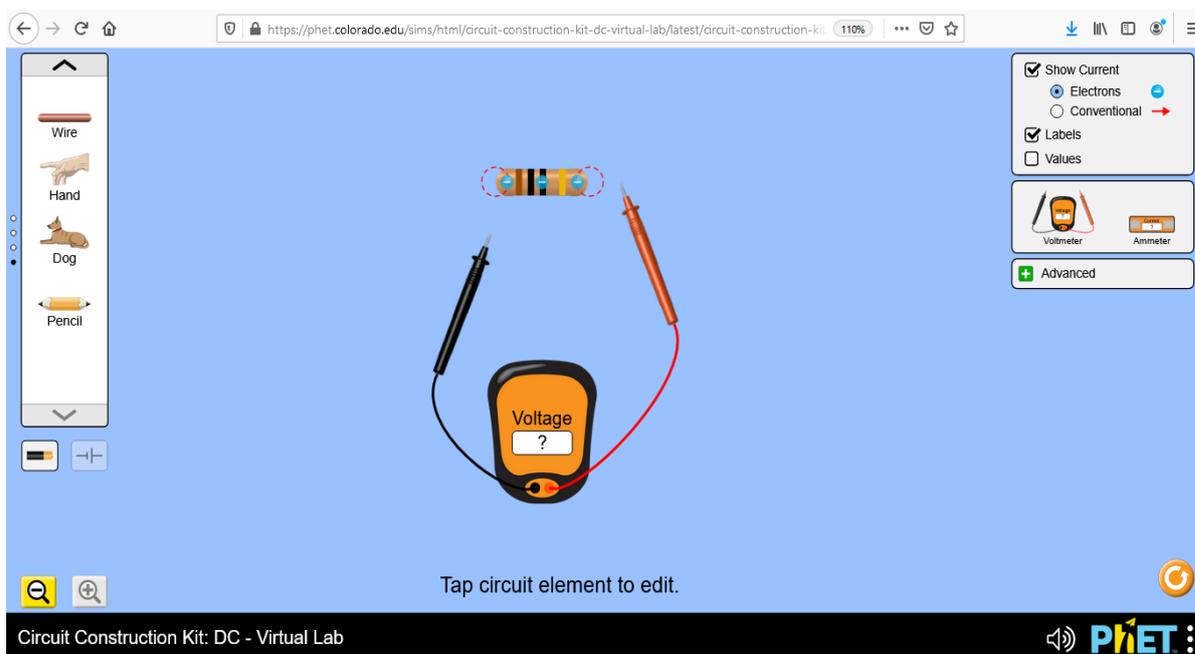
6.2.4.1.2 Configuração didática da OI_p on-line

A gestão das tecnologias

A OI_p on-line será vivenciada de forma remota em uma sala do *Google Meet*. O professor de eletroeletrônica assume papel de formador, conduzindo as discussões guiado por uma apresentação de slides, cuja projeção será compartilhada com os demais participantes. Em

alguns momentos, também, mostrará o funcionamento de um circuito real, e em outros utilizará o programa *Phet Interactive Simulation*⁹, um simulador virtual de construção de circuitos elétricos (Figura 24). Além disso, os participantes serão instruídos a providenciarem papel e lápis para fazer anotações e resolver algumas tarefas solicitadas, e celular para registrá-las.

Figura 24 – Layout do simulador virtual de construção de circuitos elétricos



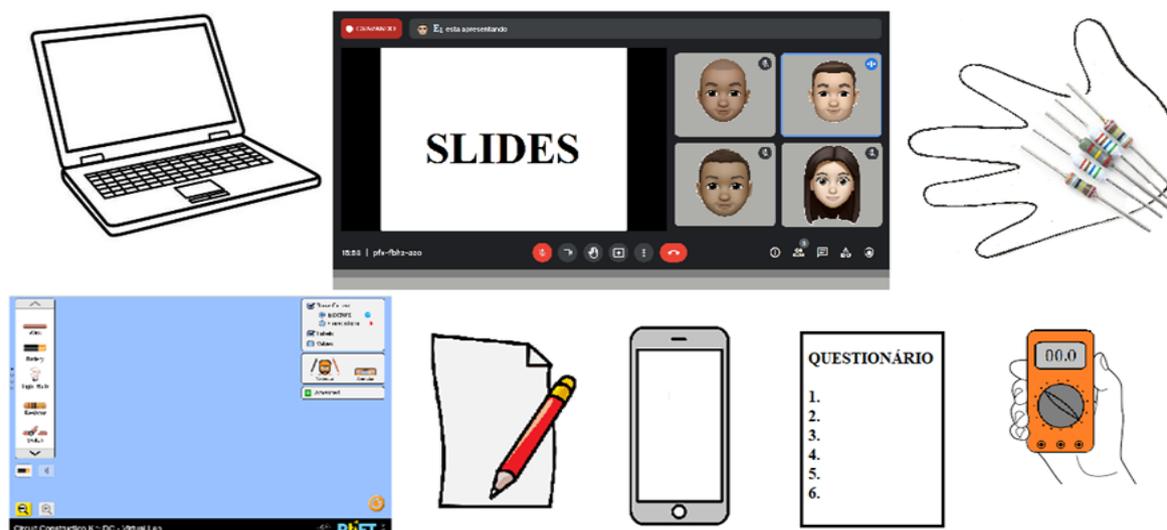
Fonte: Captura de tela do programa *Phet Interactive Simulation* (2021).

Alguns dias antes da vivência da OI_p, também será enviado um questionário aos professores de matemática (Apêndice F), com o objetivo de verificar seu conhecimento prévio a respeito da temática técnica; o quanto lembram da vivência da OI_p presencial; e se costumam relacionar os conteúdos matemáticos que lecionam, na modalidade de ensino técnico integrado, com o curso em questão.

A Figura 25, a seguir, esboça uma previsão dos artefatos a serem utilizados na OI_p.

⁹ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>.

Figura 25 – Desenho dos artefatos previstos na configuração didática da OI_p



Fonte: A autora (2021).

A gestão dos sujeitos

Alguns aspectos da estrutura da OI_p presencial serão mantidos na versão on-line: F ficará responsável por documentar (gravação) a OI *pivot*, estará disponível para ajudar a resolver imprevistos que venham a ocorrer, e fará o encerramento do encontro dando as instruções para as próximas orquestrações. Ademais, E₁ conduzirá a vivência da OI_p com a execução de atividades intercaladas, a saber: i) apresentação de slides, para conduzir a discussão e dar explicações teóricas; ii) exposição de artefatos relativos a um circuito real (físico) em funcionamento, para que os professores de matemática relembrem como é feita a manipulação de tais dispositivos (vivenciada por eles na OI_p presencial), a fim de consolidar os conceitos de circuito aberto e circuito fechado, importantes na forma de conectar os artefatos para fazer a captura das grandezas (medição de corrente e tensão utilizando o amperímetro e o voltímetro); e, iii) uso do simulador *phet*, para reproduzir a utilização de artefatos do laboratório de eletroeletrônica. Os professores de matemática também serão instruídos a utilizar o simulador virtual para tarefas específicas, incluindo a resolução da situação técnico-matemática, e compartilhá-las por *print* de tela ou foto tirada com celular.

A gestão do tempo

Toda a vivência da orquestração instrumental deverá ter duração máxima de 3 horas. A seguir, no Quadro 10, explicitamos a previsão da sequência de ações pelo ministrante da OI (E₁). O tempo de duração de cada uma delas será definido por ele em sua implementação, como julgar conveniente.

Quadro 10 – Descrição da previsão da sequência de ações por E₁

Ordem	Ação do ministrante
1	Instruções iniciais: Pedir aos participantes que providenciem papel e lápis; e que abram (em outra janela do navegador) a página do laboratório virtual; explicar brevemente como se dará a vivência.
2	Falar das disciplinas <i>Instrumentos de Medidas</i> e <i>Fundamentos de Eletroeletrônica</i> , e como os artefatos e temáticas do curso técnico são apresentados aos alunos.
3	Falar um pouco sobre George Simon Ohm; conceito de resistência; relação entre tensão, corrente e resistência no contexto da Lei de Ohm; conceitos de tensão, resistência e corrente elétricas, destacando aspectos do modelo do átomo; unidade de medida e simbologia da resistência elétrica (ohm); falar sobre potência elétrica e sua unidade de medida (watt); explicar conceitos de circuito elétrico, circuito aberto e fechado, circuito de corrente contínua; unidade de medida de tensão (volt); conceito de resistores elétricos; sentido da corrente (real e convenção passiva); unidade de medida da corrente (ampère); explicar como Ohm realizou sua descoberta e definir a Lei de Ohm; falar sobre resistor ôhmico e não-ôhmico; apresentar e discutir a conexão de equipamentos para medição de grandezas elétricas (voltímetro, amperímetro), incluindo referências de uso analógicas.
4	Falar da representação gráfica da relação linear entre tensão e corrente, fazendo conexão com o conteúdo matemático: explicar porque, na física, há uma inversão das grandezas da abscissa e ordenada (porque a corrente é uma grandeza que, fisicamente, é função da tensão); discutir o significado no contexto técnico do domínio da função; falar de resistência e relação tangencial: inclinação da reta do gráfico, como se dão as variações e os significados correspondentes do conteúdo da Física com a Matemática.
5	Tarefa 1: Solicitar aos participantes que denotem dois perfis gráficos de corrente no eixo y e tensão no eixo x.
6	Falar um pouco sobre o simulador virtual <i>phet</i> e projetá-lo na tela do <i>Google Meet</i> e associar os conceitos e técnicas com a materialização da construção digital; instruir os participantes sobre os registros de suas construções com <i>print-screen</i> no <i>word</i> para posterior compartilhamento ao final da vivência.
7	Manusear artefatos no <i>phet</i> para familiarização dos professores de matemática: incluir pilha mostrando como fazer a rotação, deslocamento e a inclusão de fios para conexão dos componentes; incluir resistor elétrico escolhendo o valor da resistência; indicar a tensão elétrica da bateria.
8	Tarefa 2: Solicitar aos participantes que façam o mesmo (início da instrumentalização).
9	Falar sobre resistores, mostrando alguns exemplos.
10	Falar sobre construir/fechar o circuito elétrico, fazendo isso no <i>phet</i> , explicando o passo a passo: conectar o primeiro fio (<i>wire</i>) no lado negativo da bateria e em um dos terminais do resistor; conectar o segundo fio no lado positivo da bateria e no outro terminal do resistor, fechando o circuito e mostrando como é representada a circulação de corrente elétrica; clicar em ' <i>values</i> ' para indicar os valores da tensão da bateria e da resistência do resistor.

Continua

Quadro 10 – Descrição da previsão da sequência de ações por E₁

Ordem	Ação do ministrante
11	Tarefa 3: Solicitar aos participantes façam o mesmo.
12	Falar sobre o multímetro e sua função de medir grandezas elétricas, mostrando dois modelos de multímetro diferentes. Falar de sua habilitação como voltímetro, mostrando no <i>phet</i> como selecionar essa função, e conectá-lo aos terminais do resistor.
13	Explicar como se calcula a máxima tensão suportada por um resistor (sem alterar suas propriedades) a partir da potência e resistência, trazendo a reflexão sobre a conexão com o conteúdo matemático (domínio da função).
14	Falar das discrepâncias experimentais ao tratar com dispositivos reais, em laboratório físico; da diferença de trabalhar em um laboratório virtual, em relação aos procedimentos para resolver a situação.
15	Falar sobre medição de corrente e sobre o amperímetro, e da necessidade de a corrente passar por dentro do equipamento para fazer a medição, diferente do voltímetro. Selecionar o amperímetro no <i>phet</i> e integrá-lo ao circuito mostrando como fazê-lo: abrir o nó e proceder com a conexão tipo série para o modelo digital disponível no simulador. Ao aparecer o valor da corrente no amperímetro, explicar como também poderia ser obtido pelo cálculo matemático da Lei de Ohm.
16	Tarefa 4: Solicitar aos participantes que façam o mesmo (medir tensão usando o voltímetro e a corrente usando o amperímetro) com <i>print</i> quando terminarem.
17	Mostrar como alterar a tensão da bateria, com destaque para a alteração dos valores da corrente, explicando que é uma reprodução do que Ohm fez. Dar um exemplo de como fazer e apresentar a situação técnico-matemática (deixar projetada nos slides) solicitando aos participantes que a resolvam, em até 10 minutos, utilizando outro valor para resistência, e depois apresentem e discutam suas conclusões (tarefa 5). Lembrá-los do <i>print-screen</i> .
18	Tarefa 6: Solicitar aos participantes que utilizem as mesmas referências de valores de tensão para construir o gráfico (fazer levantamento de curva corrente e tensão) para mais um valor diferente de resistência (lembrar do <i>print-screen</i>), e discutam sua relação com a inclinação da reta. Concluir com explicação sobre como a função afim é determinada a partir dos valores de tensão e corrente; mostrar as expressões da Lei de Ohm; ressaltar o sentido físico da corrente ser em função da tensão; falar como uma função afim reproduzida a partir da Lei de Ohm seria sempre linear (ressaltando os sentidos físico e matemático disso), para introduzir como pode ser feita a simulação de uma função a partir da Lei das Tensões de Kirchhoff (explicando a generalização da Lei de Ohm).
19	Definir a Lei das Tensões de Kirchhoff (fazendo associação de baterias, com uma fonte de tensão fixa e outra variável).
20	Indicar valores de resistência, tensão da fonte 2 e intervalo de tensão da fonte 1, reproduzindo o circuito no <i>phet</i> com variação dos valores marcando os pontos no gráfico (nos slides).

Continua

Quadro 10 – Descrição da previsão da sequência de ações por E₁

Ordem	Ação do ministrante
21	<p>Tarefa 7: Com indicação de outros valores (alterando resistência e tensão da bateria fixa), solicitar aos participantes que simulem no <i>phet</i>, (lembrar do <i>print-screen</i>), depois apresentem e discutam a associação das grandezas elétricas com os elementos da função afim.</p> <p>Concluir a discussão com associação geral da Lei de Kirchoff com uma função afim não linear: obtenção da resistência a partir da inclinação da reta, e o coeficiente angular como o inverso da resistência; coeficiente linear como o produto do coeficiente angular pela tensão da fonte fixa; domínio da função como o intervalo de variação de tensão da fonte variável.</p>
22	Apresentar situação de fonte com polaridade contrária, abrindo a discussão do seu significado.
23	<p>Solicitar aos participantes que compartilhem seus <i>prints</i> (4, no total), comentando suas construções.</p> <p>(Pedir à pesquisadora que faça o encerramento, dando as instruções sobre a leitura do <i>webdoc</i> para a próxima orquestração instrumental).</p>

Fonte: A autora (2021).

6.2.4.1.3 Modo de execução da OI_p on-line

O modo de execução planejado da OI_p *on-line* prevê que o professor de eletroeletrônica (E₁) traga à tona as reflexões e discussões feitas pelos professores de matemática (M₁ e M₄), na orquestração instrumental. Sua apresentação será guiada por slides preparados por ele, combinada com a exibição de alguns artefatos, na câmera, ou o uso (compartilhado na apresentação) de simulador virtual para reproduzir situações normalmente vivenciadas em um laboratório de eletroeletrônica. A todo momento, E₁ guiará M₁ e M₄ em suas gêneses instrumentais quanto ao uso do simulador, para que também consigam manuseá-lo e dominem as ferramentas necessárias à resolução das tarefas solicitadas. Enquanto M₁ e M₄ realizam as tarefas, incluindo a situação técnico-matemática proposta, E₁ estará acessível para sanar quaisquer dúvidas de qualquer natureza (relativas ao simulador, à temática técnica, à relação com o conteúdo matemático), deixando claro aos professores de matemática que podem interrompê-lo para isso quando acharem necessário.

E₁ terá autonomia para decidir o que estará sendo compartilhado na tela (slides, simulador, exemplos de artefatos) e para definir o tempo a ser disponibilizado para cada tarefa executada por M₁ e M₄. E estes terão a liberdade de definir seu nível de interação nas discussões trazidas. Se achar conveniente, o ministrante também pode solicitar aos participantes, da forma que achar melhor, que compartilhem alguns dos produtos resultantes das tarefas solicitadas – como suas anotações em papel, os gráficos construídos, os *print-screens* tirados de suas construções no simulador –, ficando responsável por criar os espaços e momentos de discussões das produções. Aqui, prevemos a possibilidade que o professor de matemática opte por utilizar

um software de geometria dinâmica para construir os gráficos solicitados nas tarefas e compartilhar sua construção.

A formadora estará, a todo tempo, disponível para tentar resolver qualquer imprevisto e para se manifestar sempre que solicitada por algum dos professores. Ela será a responsável pela documentação (por gravação) da vivência na sala do *Google Meet*. Também fará o encerramento dando as instruções necessárias para a OI₂ (leitura do *webdoc*) e próximo encontro síncrono (OI₃).

6.2.4.1.4 Análise a priori da OI_p on-line

Aqui nos baseamos na análise *a priori* da OI_p presencial (Seção 5.7.1.4), ressaltando as similaridades e diferenças em relação à OI_p *on-line* para fazer a análise desta.

Assim como na versão presencial, a situação aqui proposta também é de natureza técnico-matemática. Entretanto, nesta versão os professores utilizam os artefatos referentes ao curso técnico na plataforma *Phet*, que utiliza um simulador virtual de construção de circuitos elétricos. Portanto, o objetivo desta OI continua o mesmo, mas adaptado à versão on-line dos artefatos próprios do curso profissional.

Para analisar a gênese instrumental dos docentes, mantivemos as três categorias (Quadro 6) – quanto aos artefatos do curso profissional; quanto às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos; e quanto ao potencial de exemplificação dos elementos do Modelo da OI num contexto interdisciplinar – e acrescentamos mais uma: quanto ao conteúdo técnico. Isto porque, ao analisar a performance didática da OI_p presencial, percebemos que os professores de matemática não possuíam um conhecimento prévio adequado a respeito das temáticas profissionais abordadas, o que foi ratificado nas respostas ao questionário enviado antes da vivência. Assim, buscamos corrigir esta falha na configuração didática da versão on-line. Ademais, modificamos algumas das subcategorias, adequando ao novo contexto (Quadro 11).

Quadro 11 – Síntese das categorias para análise da gênese instrumental relativa à OI_p on-line

i. Conteúdo técnico	A. Conceito de circuito elétrico, classificações e elementos
	B. Significado das grandezas elétricas (resistência, corrente e tensão) e como se dá sua relação na Lei de Ohm
	C. Potência elétrica
	D. Lei das Tensões de Kirchhoff
ii. Artefatos Profissionais	A. Manuseio das ferramentas do simulador virtual <i>Phet</i>
	B. Utilização do <i>Phet</i> em um contexto de associação da Lei de Ohm e Lei das Tensões de Kirchhoff à função afim
	C. Influência das potencialidades e limitações do simulador no aprendizado dos sujeitos
iii. Conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos	A. Relação entre Lei de Ohm e função afim linear
	B. Relação entre a máxima tensão elétrica suportada por um resistor e o domínio de uma função
	C. Relação entre resistência elétrica e coeficiente angular da função afim
	D. Relação entre Lei das Tensões de Kirchhoff e função afim não-linear
iv. Modelo da OI em contexto interdisciplinar	A. Relação entre artefato e instrumento
	B. Ações instrumentadas
	C. Processos de instrumentação e instrumentalização
	D. Percepção da necessidade do conhecimento técnico para manusear os artefatos, resolver a situação técnico-matemática, e relacionar os conhecimentos de ambas as áreas
	E. Interações dos professores de matemática entre si e com o de eletroeletrônica, na resolução das tarefas ou participação na vivência

Fonte: A autora (2021).

i) Conteúdo técnico

- A.** Conceito de circuito elétrico, classificações e elementos: definições de circuito aberto, circuito fechado, curto-circuito, malha, nós.
- B.** Significado das grandezas elétricas (resistência, corrente e tensão) e como se dá sua relação na Lei de Ohm: o que significa cada uma dessas três grandezas elétricas e como se comportam de acordo com a lei de Ohm.

- C. Potência elétrica: definição e relação com as outras grandezas elétricas.
- D. Lei das Tensões de Kirchhoff: compreensão do enunciado.

ii) Artefatos profissionais:

- A. Manuseio das ferramentas do simulador virtual *Phet*: familiarização do professor de matemática com o programa e a versão on-line dos artefatos técnicos.
- B. Utilização do *Phet* em um contexto de associação da Lei de Ohm e Lei das Tensões de Kirchhoff à função afim: construção de circuito elétrico que conecte os artefatos de modo a simular o comportamento de uma função afim

iii) Conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos:

- A. Relação entre Lei de Ohm e função afim linear: discussão sobre as condições das grandezas elétricas estudadas na Lei de Ohm para que a função associada seja linear.
- B. Relação entre a máxima tensão elétrica suportada por um resistor e o domínio de uma função: atribuição de sentido ao *domínio da função* num contexto de medição de corrente elétrica através da variação da tensão em um intervalo que o resistor suporte, sem queimar.
- C. Relação entre resistência elétrica e coeficiente angular da função afim: estudo do significado de resistência elétrica a partir dos elementos da função. Partindo de uma reflexão de como, na matemática, as grandezas são normalmente atribuídas à abscissa e à ordenada de uma função, explica-se como essa escolha é feita no campo da eletroeletrônica, considerando as características das grandezas.
- D. Relação entre Lei das Tensões de Kirchhoff e função afim não linear: com a diferença entre tensões, por meio da adição de mais uma fonte ao circuito, pode-se criar um contexto em que as grandezas envolvidas se comportem como uma função afim não-linear.

iv) Modelo da OI em contexto interdisciplinar

- A. Relação entre artefato e instrumento: a utilização, pelos professores de matemática, do *Phet* e artefatos virtuais para exemplificar qual a diferença entre artefato e instrumento, a partir da evolução do manuseio do simulador no decorrer da vivência;
- B. Ações instrumentadas: quando o sujeito começa a articular os conhecimentos necessários (matemático, tecnológico e profissional) e busca resolver a situação

técnico-matemática proposta, fomentando seu processo de gênese instrumental; quais esquemas são mobilizados ou desenvolvidos neste processo;

- C. Processos de instrumentalização e instrumentação: a evolução dos professores de matemática quanto ao entendimento da temática, conhecimento das funcionalidades do simulador virtual e sua relação com o conteúdo matemático, ao tentar resolver cada tarefa proposta pelo ministrante, pode servir de exemplo para que compreendam a diferença entre os processos de instrumentalização e instrumentação;
- D. Percepção da necessidade do conhecimento técnico para compreender o manuseio dos artefatos, para resolver a situação técnico-matemática, e para relacionar os conhecimentos de ambas as áreas;
- E. Interações dos professores de matemática entre si e com o de eletroeletrônica, na resolução das tarefas ou participação na vivência: o grau de participação de cada sujeito e seu reflexo na concretização, ou não, da gênese instrumental.

A seguir, descreveremos como prevemos cada um dos elementos da orquestração instrumental:

a) **configuração didática** (situação técnico-matemática, artefatos, funções, sujeitos, tempo):

- Identificação do papel de cada participante: a pesquisadora assume o papel de observadora, ficando responsável pela gravação da vivência e disponível para tentar resolver eventos imprevistos; o professor de eletroeletrônica assume o papel de formador; os professores de matemática são os participantes a serem formados.
- A importância de um computador em boas condições e em conexão com a internet: é imprescindível que cada participante da formação utilize computador em boas condições para manusear os artefatos e que esteja conectado à rede, uma vez que toda a vivência é remota.
- A relevância de uma situação técnico-matemática adequada, com artefatos integrados, e possível de ser resolvida após instruções na vivência: os professores de matemática devem estar aptos a resolver a situação após certo tempo de vivência da orquestração instrumental; a utilização dos artefatos disponibilizados deve ser imprescindível para a resolução da situação.
- O possível atraso ou ausência dos participantes e como a configuração didática será organizada, quem tomará as decisões (a pesquisadora ou o professor de eletroeletrônica): a quantidade reduzida dos participantes possibilita maior flexibilidade para lidar com atrasos (como o deslocamento do horário da vivência) ou a ausência de algum dos participantes (remarcando o dia da vivência).

- O tempo disponibilizado para a resolução de cada tarefa, especialmente da situação técnico-matemática proposta, e para toda a OI: toda a OI terá duração total de 3 horas. E₁ irá administrar o tempo disponível para cada tarefa solicitada, com o apoio de F, para que não deixem nada de fora do que foi planejado.

b) **modo de execução** (ações previstas para os sujeitos e artefatos durante a execução da OI):

- Diferentes maneiras de E₁ orientar os professores de matemática, dependendo da sua participação e facilidade ou dificuldade no manuseio dos artefatos: a orientação pode ser referente à temática técnica; ao uso do simulador virtual; à conexão com o conteúdo matemático; a possíveis situações técnico-matemáticas a serem apresentadas em sala de aula.
- Diferentes níveis de interação de cada participante: os professores de matemática podem interagir bastante com o ministrante, resolvendo as tarefas colaborativamente e garantido seu local de fala; podem interagir bastante entre eles, compartilhando opiniões e resolvendo juntos a situação técnico-matemática; o nível de interação pode ser baixo, com os professores de matemática assumindo um papel mais passivo, resolvendo as tarefas individualmente; um professor de matemática pode interagir mais que o outro com o formador, a depender de como acompanha as discussões ou do nível de interesse na formação.
- Possíveis falhas de conexão com a internet: é possível que algum dos participantes tenha algum problema, ficando a cargo dos formadores entrar em acordo de como proceder.

c) **performance didática** (situações inesperadas, decisões *ad hoc*, reações *ad hoc*). A análise dos dados gerados poderá fazer emergir novos exemplos sobre a OI vivenciada, tais como eventos previstos, com soluções pensadas previamente; a ocorrência de eventos imprevistos pode atrapalhar ou não o bom andamento da orquestra; como se deram as decisões *ad hoc* por parte dos formadores e reações *ad hoc* por parte dos professores de matemática.

6.2.4.2 OI₂

Nesta seção, apresentamos a situação e a OI₂, que contempla elementos da OI *pivot* e serve de suporte à OI₃. Após detalhar a configuração didática, descrevemos o processo de criação de um *webdoc* sobre o Modelo da OI em uma perspectiva interdisciplinar do ensino técnico, seguido do modo de execução e performance didática. A necessidade desta orquestração instrumental na MOI interdisciplinar surgiu a partir da análise dos resultados da primeira formação.

6.2.4.2.1 A situação de formação

Essa OI foi criada para consolidar os conhecimentos que emergiram na OI_p e para dar suporte aos docentes nas discussões da OI₃, favorecendo a situação de formação aqui proposta.

- a) **Situação de formação:** estudar o modelo teórico da OI em contexto interdisciplinar do ensino técnico a partir da leitura e reflexão de um *webdoc* com exemplos interdisciplinares.
- b) **Classe de situação de formação:** estudar o modelo teórico da OI em contexto interdisciplinar do ensino técnico a partir da leitura e reflexão de um texto.

A situação será apresentada aos docentes no final da vivência da OI_p, quando o *link* do *webdoc* será disponibilizado. Além da leitura do documento, os participantes deverão formular duas perguntas que representem sua reflexão a respeito das temáticas abordadas no texto, a serem discutidas durante a implementação da OI₃.

6.2.4.2.2 Configuração didática da OI₂

A gestão das tecnologias

Para essa etapa da formação está programada a utilização de um *webdoc* que discute o modelo da OI no contexto interdisciplinar do ensino técnico. O documento foi construído a partir do planejamento da OI *pivot*, aqui utilizado como artefato. O texto multimídia também aborda alguns conceitos básicos de elétrica, previstos para emergir na implementação da OI_p e julgados (por E₁) como importantes para a compreensão da temática técnica por parte dos professores de matemática.

Ademais, uma vez que os participantes deverão enviar à formadora as questões a serem formuladas por e-mail, este também compõe as tecnologias utilizadas na orquestração instrumental.

A gestão dos sujeitos e do tempo

A formadora disponibilizará o *link* do *webdoc* ao final da vivência da OI_p, quando dará as instruções (por e-mail e na própria vivência da OI_p) relativas à leitura do documento e à elaboração das duas perguntas a respeito do seu conteúdo. Embora E₁ também seja autor do texto, especialmente no que concerne aos conteúdos de elétrica abordados, assim como M₁ e M₄ ele também deverá elaborar tais questões que serão discutidas na implementação da OI₃. Uma vez que o intervalo de tempo entre a OI_p e a OI₃ é de sete dias, esse é o período que os docentes terão para a realização da tarefa.

6.2.4.2.3 O webdoc interdisciplinar

Na primeira formação, para um primeiro contato dos professores de matemática com o Modelo da OI foi escolhido um artigo em português e de linguagem acessível (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2018), lido como tarefa prévia à implementação da OI₂. Entretanto, após a análise da orquestração instrumental e da formação, como um todo, ficou constatada a necessidade de uma maior ênfase na interdisciplinaridade técnica. Ademais, alguns dos professores demonstraram dificuldades em compreender todos os aspectos do artigo, o que acarretou na intenção de situar a teoria em um local familiar a eles: as vivências das OI_p (presencial e on-line), as quais também dão conta do aspecto interdisciplinar.

No intuito de relacionar o modelo teórico com as práticas vivenciadas pelos docentes, foi pensada a criação de um texto, direcionado aos participantes da formação, que utilizasse exemplos emergidos dessas vivências para definir os fundamentos teóricos e os elementos do Modelo da OI. Uma vez que o Modelo da MOI (LUCENA, 2018) utiliza o *webdoc* – com recursos embutidos (BELLEMAIN et al., 2017) – para introduzir a discussão sobre OI, oferecendo suporte à situação de uma das orquestrações, optou-se por utilizar o mesmo formato de texto, adaptado aos objetivos da MOI interdisciplinar. Neste contexto, o webdoc aqui construído será chamado de *webdoc interdisciplinar*, o qual está disponível em <<http://geregroup.site/webdocs/webdoc4/>>. Como definem Lucena, Gitirana e Trouche (2022, tradução nossa), um *webdoc* é “um documento interativo disponível na *web*, integrando uma variedade de dados (texto, imagens, áudio, vídeo), propondo análises e oferecendo sentido para discuti-los”.

Neste contexto, a leitura e reflexão do *webdoc* interdisciplinar consiste na segunda orquestração instrumental da MOI interdisciplinar.

O desenvolvimento do *webdoc* interdisciplinar

A formadora e o professor de eletroeletrônica (E₁) elaboraram um material que apresenta o Modelo da OI e seus fundamentos teóricos no contexto interdisciplinar do ensino técnico, com base nas vivências anteriores de OI interdisciplinares (versões presencial e on-line da OI_p). Assim como o *webdoc didático* de Lucena (2018) – criado como parte da MOI para servir de leitura inicial a respeito do Modelo da OI –, o webdoc interdisciplinar (Figura 26) utiliza a arquitetura de textos com recursos embutidos. No contexto deste estudo, o documento é direcionado a professores de matemática e de eletroeletrônica do ensino técnico, e os recursos utilizados no documento, além do texto, foram imagens, vídeos e hiperlinks.

Figura 26 – Interface parcial do webdoc interdisciplinar

WEBDOC

O MODELO DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL NO CONTEXTO DO ENSINO TÉCNICO

Introdução

Este documento é destinado a vocês, professores de matemática e de eletroeletrônica participantes da formação a respeito do Modelo da Orquestração Instrumental (OI) - desenvolvido por Luc Trouche (2005a) - no contexto interdisciplinar do ensino técnico. Trata-se de um texto do tipo *webdoc* que tem como objetivo oferecer suporte na apropriação de pressupostos básicos do modelo numa perspectiva de **integração de recursos do curso técnico em eletroeletrônica ao ensino da matemática**, na modalidade de Ensino Técnico Integrado ao Médio.

"Um *webdoc* é definido como um documento interativo disponível na web, integrando uma variedade de dados (texto, imagens, áudio, vídeo), propondo análises e oferecendo sentido para discuti-los" (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, a publicar, tradução nossa). Ampliamos a função deste *webdoc* também para apresentar pressupostos teóricos, pautados em exemplos e em análises desses exemplos articulada à teoria que se deseja ensinar e aprender. Tratam-se dos elementos do modelo da OI em **articulação** ao que foi vivenciado por vocês no *Google Classroom* e no laboratório virtual de eletroeletrônica - *Phet Interactive Simulations*. Mas, antes disso, discutiremos os fundamentos teóricos do modelo (também num contexto interdisciplinar) e alguns conceitos básicos de elétrica.

A vivência na plataforma do *Google Classroom* e no *lab* virtual consistiu em uma orquestração instrumental, denominada OI *pivot* on-line. Aqui também utilizaremos exemplos da vivência que ocorreu em fevereiro de 2020 em laboratório de eletroeletrônica do IFPE campus Garanhuns (OI *pivot* presencial).

O Modelo da OI foi desenvolvido para dar suporte a docentes em ambientes ricos em tecnologias. Uma vez que o ensino profissional é repleto de recursos técnicos e tecnológicos próprios, professores da educação técnica podem utilizá-los no ensino de conteúdos matemáticos.

O nome *Orquestração Instrumental* vem da analogia feita entre uma *orquestra* e uma *sala*

Fonte: Captura parcial de tela do webdoc interdisciplinar (2021).

Com este webdoc interdisciplinar, pretende-se:

- 1) Apresentar aos professores o Modelo da OI no contexto interdisciplinar do ensino técnico, por meio da articulação da teoria e práticas vivenciadas por eles;
- 2) Apresentar artefatos e conceitos referentes à área de elétrica a fim de consolidar o que foi discutido na OI_p;
- 3) Dar suporte aos professores do ensino profissional, participantes da MOI interdisciplinar, na resolução de situações propostas ao longo da formação.

A estrutura do webdoc interdisciplinar

Nesta subseção será descrita a *estrutura* do webdoc (Figura 27), inspirada em Lucena (2018), com especificação de alguns elementos visuais e linguagem textual utilizada. Em uma linguagem simples, os autores utilizam a primeira pessoa do plural para se referirem a eles, e conversam com o público-alvo – especificado como professores de matemática e de eletroeletrônica participantes da formação – utilizando a terceira pessoa do plural.

Figura 27 – Estrutura do webdoc interdisciplinar

Título	Identificação dos autores
Introdução - público alvo - do que se trata o documento - definição de webdoc e como será conduzida a discussão - noção de orquestração instrumental	Área de visualização
O conceito de situação - noção de situação - situação da OI _p on-line e objetivos	
O conceito de Esquema - definição de esquema - exemplos de esquemas mobilizados na OI _p - relação entre situação e esquema	
Gênese Instrumental - definição de artefato e instrumento com exemplos da OI _p - processos de instrumentalização e instrumentação	
Conceitos básicos de Elétrica - conceitos elétricos emergidos na OI _p	
O Modelo da Orquestração Instrumental - estrutura do modelo - o contexto da educação profissiona - estrutura da OI _p	
Metaorquestração Instrumental Interdisciplinar - Definição e design da MOI interdisciplinar	
Considerações Finais	
Agradecimentos	
Referências Bibliográficas	

Fonte: A autora (2021).

Na parte superior esquerda do documento está localizado o título; e na parte superior direita a identificação dos autores, com suas fotos, instituição onde lecionam e link para o Currículo *Lattes* (Figura 26). Já o corpo do texto está dividido em 8 capítulos, os quais detalharemos a seguir, com a inserção de alguns trechos do documento:

- a) **Introdução** – Os autores especificam o público alvo para o qual o documento foi desenvolvido; definem o que é um webdoc, explicando do que se trata o webdoc interdisciplinar e como serão conduzidas as discussões (pautadas nas vivências das OI_p):
- “Trata-se de um texto do tipo webdoc que tem como objetivo oferecer suporte na apropriação de pressupostos básicos do modelo numa perspectiva de integração de recursos do curso técnico em eletroeletrônica ao ensino da matemática, na modalidade de Ensino Técnico Integrado ao Médio”*. Discutem, também, a noção de orquestração instrumental, o contexto em que o modelo foi desenvolvido e seu potencial de utilização no contexto interdisciplinar do ensino técnico.

- b) **O conceito de situação** – A partir de uma noção de *situação*, os autores explicitam a situação técnico-matemática apresentada na OI_p on-line, ressaltando sua importância na elaboração da orquestração instrumental. Por meio da apresentação dos objetivos pretendidos com a referida situação, discorrem sobre as competências necessárias para resolvê-la guiando a discussão para a noção de esquemas: “*Na vivência da OI pivot on-line, a situação técnico-matemática foi proposta já no decorrer da implementação da orquestração, depois de certo tempo do início. Isso porque, para resolvê-la, o professor de matemática precisaria estar familiarizado com o laboratório virtual de eletroeletrônica e com algumas de suas funcionalidades, como o manuseio do multímetro virtual*”.
- c) **O conceito de esquema** – A partir da definição de esquemas na concepção de Vergnaud, os autores utilizam como exemplo um esquema mobilizado durante a resolução de uma tarefa na OI_p presencial, especificando cada um de seus componentes: “*Voltando ao nosso contexto interdisciplinar, imagine uma situação em que o sujeito precisa medir a resistência elétrica de um dado resistor ôhmico utilizando um multímetro. Seu objetivo é medir a resistência elétrica do resistor (aspecto intencional do esquema). Para isso, ele coleta informações, executando uma sequência de ações: seleciona a função do equipamento como ohmímetro; conecta os cabos nos locais apropriados para conexão; segura as pontas de prova conectando o resistor ao multímetro; gira a chave seletora, ligando o artefato (aspecto gerativo do esquema). Neste processo, surgem conceitos como resistência elétrica (aspecto epistêmico), e a cada etapa o sujeito pode aprender e fazer inferências (aspecto computacional do esquema)*”. Discorrem sobre o caráter invariante e ao mesmo tempo adaptativo dos esquemas, explicando como se dá sua relação com a situação.
- d) **Gênese Instrumental** – Os autores discorrem sobre os conceitos de artefato e instrumento, na visão de Rabardel, e utilizam exemplos emergidos na OI_p presencial para consolidar a definição de gênese instrumental: “*Em relação à vivência da OI pivot on-line, por exemplo, para que os professores de matemática completem seu processo de gênese instrumental quanto aos objetivos pretendidos, ele precisa saber algumas funcionalidades do simulador virtual, apropriar-se do conhecimento técnico envolvido (Lei de Ohm) e saber associá-lo ao conteúdo matemático (função afim)*”. Discutem, também, os processos de instrumentação e instrumentalização, utilizando situações das duas versões da OI_p (presencial e on-line) para facilitar a compreensão dos docentes.
- e) **Conceitos básicos de elétrica** – Neste capítulo são apresentados alguns conceitos básicos de elétrica que emergiram na OI_p on-line, tais como circuito elétrico (aberto e fechado), nó,

malha; grandezas elétricas como tensão, corrente e resistência, seus respectivos instrumentos de medição e unidades de medida; potência elétrica; resistor; Lei de Ohm: “*A Lei de Ohm foi definida a partir de uma relação linear entre as três grandezas elétricas (resistência, tensão e corrente). Em outras palavras, em um circuito elétrico, a corrente que atravessa a maioria dos materiais é diretamente proporcional à diferença de potencial (tensão elétrica) aplicada sobre eles. É possível variar a tensão e, conseqüentemente, a corrente elétrica em um resistor ôhmico. A relação entre elas, contudo, não muda*”.

- f) **O Modelo da Orquestração Instrumental** – Após especificarem os três componentes estruturais do Modelo da OI, os autores discutem algumas particularidades referentes à Educação Profissional e o potencial do uso do modelo neste contexto: “*Os professores – de ambas as áreas – podem trabalhar os conteúdos matemáticos dentro do contexto profissional, utilizando os recursos disponíveis do curso (e é aqui que o modelo da OI entra para auxiliá-los). Para ficar mais claro no que consiste cada um dos elementos do modelo, utilizaremos como exemplo a OI pivot on-line vivenciada recentemente por vocês, relacionando-a aos conceitos*”. Com uma breve definição de cada componente, utilizam o planejamento da OI_p on-line para exemplificar a configuração didática e o modo de execução, e convidam os professores a refletirem sobre sua performance didática, a ser discutida na OI₃.
- g) **Metaorquestração Instrumental Interdisciplinar** – Neste capítulo é apresentada a formação como um todo, com explicação do contexto em que surgiu e especificação de cada uma das OI interdisciplinares que compõem a MOI interdisciplinar: “*Aqui, desenvolvemos uma MOI interdisciplinar, que consiste em uma composição de orquestrações instrumentais interdisciplinares voltadas à formação de professores de matemática e da área técnica a respeito do Modelo da OI numa perspectiva de integração entre as áreas. Composta por quatro orquestrações instrumentais, a leitura deste webdoc consiste na segunda orquestração (OI₂)*”.
- h) **Considerações Finais** – Para concluir a discussão, são ressaltados os aspectos mais importantes discutidos no webdoc; o grande potencial do uso do Modelo da OI no ensino técnico e das vantagens acarretadas por esta possível integração: “*O Modelo da OI pode ser um sustentáculo desta integração, oferecendo suporte e estrutura para que os professores do ensino técnico aproveitem de forma efetiva os recursos próprios da modalidade educacional, usufruindo do seu diferencial para ofertar um ensino holístico aos estudantes, superando a dicotomia entre formação básica e profissional*”.

Em seguida, os autores escreveram uma pequena nota de agradecimento aos envolvidos na criação e leitura do documento; e por fim as referências bibliográficas com hiperlink para as fontes disponíveis na *web*.

Quanto aos recursos visuais e aparência do *webdoc*, conforme detalhado por Lucena (2018, p. 148), sua interface

está dividida por uma barra de rolagem vertical em duas áreas, a de conteúdo e a de visualização de recursos em tamanho ampliado. Também apresenta nuances entre a cor preta da escrita, em uma formatação que lembra a de um doc ou um pdf com o colorido das mídias incluídas (vídeos, ícones, links, imagens, [...]), como o de uma página da internet. Na primeira, constam o texto e as mídias integradas. Diz-se integradas porque ora complementam o texto, ora servem de exemplo a esse. Na segunda, tem-se um espaço em branco destinado à visualização das mídias representadas por *thumbnails* (versões reduzidas) na área de conteúdo. Essas imagens reduzidas podem ser vistas em tamanho maximizado a partir de um clique nos ícones ‘lupa’ ou ‘câmera’.

O documento pode ser acessado tanto pelo computador como pelo celular.

6.2.4.2.4 Modo de execução da OI₂

O *link* de acesso ao *webdoc* *interdisciplinar* será disponibilizado aos professores de matemática ao final da vivência da OI_p, quando a formadora falará brevemente no que consiste o documento e seu conteúdo. O professor de eletroeletrônica já possuirá acesso, uma vez que colaborou com sua elaboração.

O prazo para leitura do *webdoc* é de 7 dias, intervalo de tempo entre a OI_p e a OI₃. Para tentar garantir que os professores leiam o documento, além de enriquecer as discussões e guiar a análise da performance didática da OI₂, F solicitará que cada um deles (incluindo E₁) elabore duas questões a respeito do seu conteúdo e envie antes da vivência da OI₃, quando serão discutidas.

6.2.4.3 OI₃

A Orquestração Instrumental 3 busca discutir o Modelo da OI numa perspectiva interdisciplinar no contexto do ensino técnico, articulando a vivência prática da OI_p à teoria abordada no *webdoc* (OI₂). Nesta seção, apresentamos a situação, a configuração didática, o modo de execução e, por fim, a performance didática da orquestração instrumental.

6.2.4.3.1 A situação de discussão teórico-prática

Assim como na OI₂ da primeira formação, essa OI é centrada na mediação da formadora. Entretanto, aqui buscamos proporcionar mais espaços de fala aos participantes, além de

priorizar exemplos oriundos da situação técnico-matemática referente à OI *pivot* para definir e discutir o modelo da OI e seus pressupostos teóricos.

- a) **Situação de discussão teórico-prática:** discutir o modelo teórico da OI no contexto interdisciplinar do ensino técnico a partir de exemplos das vivências da OI_p e OI₂, trazendo uma reflexão a respeito da potencialidade do uso do modelo no ensino técnico integrado.
- b) **Classe de situação:** discutir um modelo teórico em contexto interdisciplinar a partir de vivências anteriores relativas ao modelo, trazendo uma reflexão a respeito da potencialidade do seu uso naquele contexto.

O objetivo da situação é promover, com os participantes da formação, uma discussão a respeito da utilização do Modelo da OI no ensino técnico integrado ao médio numa perspectiva interdisciplinar, considerando a integração desejada entre a matemática e a área profissional em questão.

6.2.4.3.2 Configuração didática da OI₃

A gestão das tecnologias

A OI₃ será vivenciada de forma remota em uma sala do *Google meet*. A formadora conduzirá as discussões guiada por uma apresentação de slides, cuja projeção será compartilhada com os demais participantes. A discussão será baseada nas vivências da OI_p e OI₂ (*webdoc* interdisciplinar), aqui utilizadas como artefatos.

A gestão dos sujeitos

Além da formadora, os três participantes (E₁, M₁ e M₄) devem estar presentes na vivência da OI₃. As discussões serão guiadas por F, a qual organizou os tópicos em slides que serão compartilhados com os demais em apresentação no *Google Meet*. Embora planeje tentar trazer os participantes sempre para as discussões, a formadora deixará claro no início da vivência que eles poderão interrompê-la a qualquer momento para opinar sobre os temas abordados.

Logo no início da vivência, F evidenciará os objetivos pretendidos com a OI₃ e em seguida mostrará as perguntas elaboradas pelos participantes a respeito do *webdoc*. Dependendo do seu conteúdo, iniciará a discussão sobre as questões, ou deixará para discuti-las conforme os tópicos sejam abordados.

A sequência de tópicos a serem explicados por F é a seguinte: definição de orquestração instrumental e OI interdisciplinar; definição de situação técnico-matemática; definição de cada

pressuposto teórico do modelo da OI (situação; esquemas; gênese instrumental e os conceitos de artefato, instrumento, instrumentação, instrumentalização) discutidos em contexto interdisciplinar com exemplos da OI_p tratados no *webdoc*, além das etapas do próprio modelo (configuração didática, modo de execução e performance didática).

Ao discutir cada um desses elementos, a formadora enfatizará o que é necessário para a elaboração ou análise de cada um deles, sempre direcionada ao contexto interdisciplinar do ensino técnico, utilizando a OI_p como exemplo. Assim como foi feito no *webdoc*, ela explicitará a situação, a configuração didática e o modo de execução da OI_p, a fim de discutir o que são e como elaborar cada um desses elementos. Uma vez que a reflexão a respeito da performance didática da OI_p já foi solicitada no *webdoc* como tarefa, na OI₃ a formadora fará sua análise geral junto com os participantes.

Para encerrar a discussão, F buscará promover a reflexão a respeito de como o modelo da OI pode oferecer suporte na implementação da interdisciplinaridade almejada, falando da necessidade de uma formação adequada aos docentes do ensino técnico e do trabalho colaborativo entre os professores das diferentes áreas, explicando no que consiste a presente formação e como foi baseada no Modelo da MOI.

A gestão do tempo

O tempo previsto para a duração da OI_p é de 3 horas, pensado com uma margem a mais.

6.2.4.3.3 Modo de execução da OI₃

O modo de execução planejado da OI₃ prevê que a formadora (F) conduza as discussões, guiada por apresentação de slides compartilhados com os demais participantes. Embora o diálogo seja centrado em F, ela deve sempre criar espaço para que os professores compartilhem suas opiniões e fomentem a discussão.

Prevemos a possibilidade de algum dos professores não ter lido o *webdoc* ou enviado as perguntas à formadora. Neste caso, ela seguirá com a discussão conforme planejado tentando situá-lo e convencê-lo da importância da leitura antes do próximo encontro. Também prevemos a hipótese dos 30 minutos cedidos à E₁ – para finalizar as discussões na OI_p – se estenderem, podendo comprometer a implementação do que foi planejado na OI₃. Neste caso, assim como ocorreu na vivência da OI_p, F tentará prolongar a vivência por mais 30 minutos.

6.2.4.3.4 Análise a priori da OI₃

Assim como na OI₂ da primeira formação, nesta orquestração instrumental é proposta uma situação de formação de natureza teórico-reflexiva, e as vivências da OI_p servirão de

exemplo para que os professores compreendam melhor a teoria: os fundamentos e elementos do modelo da OI. Desta vez, serão utilizadas para definir e apresentar cada um deles, em vez de apenas exemplificar.

A leitura do *webdoc* é fundamental para a vivência dessa OI, uma vez que no documento estas relações são estabelecidas para que os professores aproveitem o espaço na OI₃ para esclarecer suas dúvidas. O objetivo é que eles compreendam o modelo e seu uso no contexto interdisciplinar do ensino técnico, identificando sua potencialidade no suporte da gerência dos recursos diferenciais da modalidade educacional. Ademais, esperamos que as discussões contribuam para que se capacitem a elaborar uma orquestração instrumental interdisciplinar.

Nos momentos em que exemplos oriundos da vivência da OI_p emergirem, a formadora deve buscar verificar em que medida os participantes compreenderam sua relação com elementos referentes ao modelo, já tratada no *webdoc*. Também aproveitará a discussão sobre a performance didática da OI_p, quando provocará os participantes para que tentem fazer a análise, verificando, assim, como estão evoluindo suas gêneses instrumentais. Depois que expuserem suas impressões, F mostrará as categorias que pensou para analisar suas performances na OI_p, criando espaço para que expressem suas opiniões em relação aos seus desempenhos na vivência.

6.2.4.4 OI₄

Com a Orquestração Instrumental 4 busca-se, principalmente, proporcionar um momento aos professores participantes da formação para a elaboração de uma orquestração instrumental técnico-interdisciplinar que contemple artefatos e temáticas abordados nas vivências anteriores. A fim de auxiliar nesta criação e de fornecer um banco de dados aos docentes para consultas posteriores, a formadora apresentará os resultados do primeiro estudo desta pesquisa (assim como fez na OI₃ da primeira formação). A OI interdisciplinar a ser criada deve contemplar os objetivos de ambas as áreas: tanto de matemática como de eletroeletrônica.

6.2.4.4.1 A situação de formação

A escolha da situação proposta na OI₄ se deu na intenção de favorecer a elaboração, colaborativamente, de uma orquestração instrumental interdisciplinar. A seguir, descrevemos a situação proposta e a classe de situação a qual pertence:

- a) **Situação de formação prática:** elaborar uma situação técnico-matemática e uma orquestração instrumental interdisciplinar para explorá-la que abordem as temáticas

discutidas e artefatos utilizados na OI_p , de forma a contemplar objetivos de aprendizagem de ambas as áreas (matemática e eletroeletrônica).

- b) **Classe da situação:** elaborar uma situação interdisciplinar e uma orquestração instrumental interdisciplinar para explorá-la obedecendo certas condições, de forma a contemplar os objetivos de ambas as áreas.

6.2.4.4.2 Configuração didática da OI_4

A gestão das tecnologias

Assim como as demais vivências síncronas, a OI_4 acontecerá remotamente em sala de aula do *Google Classroom*. A formadora compartilhará com os docentes um documento no *Google Drive* com a situação de formação e instruções para resolvê-la; um passo a passo para a elaboração de uma OI interdisciplinar; e os resultados do 1º estudo da tese (anexos 1 e 2) para servirem de consulta. F disponibilizará o link de acesso ao documento no chat da sala. Este conteúdo também estará nos slides que F compartilhará durante sua apresentação, guiando as discussões.

A gestão dos sujeitos

Todos os sujeitos que participaram das demais orquestrações devem estar presentes na OI_4 (E_1 , M_1 e M_4), devendo os três professores trabalhar em colaboração. Inicialmente, F apresentará os resultados do primeiro estudo desta pesquisa, e em seguida a situação de formação a ser proposta, junto com as devidas instruções para resolvê-la. Os docentes serão instruídos a criar a OI interdisciplinar de forma que seja adequada para implementação em ambas as disciplinas: matemática e técnica, e que utilize alguns dos artefatos e temáticas da OI_p . A preferência é que o público-alvo seja uma turma do 1º ano do ensino integrado (quando o conteúdo de função afim é trabalhado na disciplina de matemática e Lei de Ohm nas disciplinas técnicas) em ensino remoto (uma vez que a OI_p da MOI interdisciplinar foi vivenciada remotamente), mas a eles será facultado planejar a OI como acharem mais pertinente, sempre com justificativa de suas escolhas.

Os professores serão orientados a descrever os elementos da OI o mais detalhadamente possível: a situação técnico-matemática proposta e sua análise *a priori*; a configuração didática (a gestão de artefatos, pessoas e suas funções, tempo); o modo de execução e o que mais acharem relevante.

A gestão do tempo

A OI₄ foi planejada para durar 3 horas, sendo aproximadamente 45 minutos destinados à apresentação dos resultados do primeiro estudo, instruções e explicações para a elaboração da OI interdisciplinar. Para esta etapa de construção serão disponibilizadas 2 horas. Nos 15 minutos finais, os docentes devem apresentar à formadora o produto final e enviá-la por e-mail.

6.2.4.4.3 Modo de execução da OI₄

A OI₄, a ser gravada por F, será dividida em três momentos. Inicialmente, a formadora irá compartilhar um banco de dados, apresentando os resultados do primeiro estudo desta pesquisa, e também apresentará a situação e as instruções para resolvê-la. Toda esta etapa será guiada pela apresentação de slides. Prevemos que os professores fomentem a discussão compartilhando algumas experiências de sua prática docente, assim como fizeram na OI₃ da primeira formação.

O segundo momento será o de elaboração da OI interdisciplinar pelos três professores, conjuntamente. Eles deverão planejá-la para servir a ambas as áreas (matemática e técnica), de forma que em sua configuração didática e modo de execução estejam previstos a abordagem de temáticas e o uso de artefatos utilizados na OI_p, preferencialmente na versão on-line. Entretanto, prevemos a possibilidade de que pensem numa aula presencial, uma vez que a previsão é que em fevereiro de 2022 já retorne essa modalidade de ensino¹⁰. Além disso, a provável insegurança dos professores de matemática em relação aos artefatos físicos será contornada pelo completo domínio do professor de eletroeletrônica, o qual acreditamos que assumirá papel de protagonista na criação da OI.

Decidimos não limitar a autonomia dos docentes em relação à escolha de como a OI interdisciplinar será planejada (para ser vivenciada remota ou presencialmente), já que eles também vivenciaram a OI_p presencial, a qual foi lembrada por E₁ em vários momentos na OI_p on-line. Para a elaboração da OI interdisciplinar, os docentes poderão consultar o conteúdo que acharem pertinente na internet (ou em outras fontes) a qualquer momento, e também poderão interagir com a formadora (que estará à disposição), caso precisem esclarecer alguma dúvida. Acreditamos que 2 horas seja suficiente para esta etapa, mas caso não seja, o tempo destinado ao terceiro momento será cedido e, em último caso, os docentes poderão enviar por e-mail em outro dia.

¹⁰ Por conta da pandemia causada pelo novo coronavírus, em julho/agosto de 2021 (quando a MOI interdisciplinar foi implementada) as aulas ainda aconteciam remotamente no IFPE Garanhuns.

No terceiro momento, os professores devem apresentar à formadora a situação técnico-matemática e a OI interdisciplinar que planejaram, justificando suas escolhas. A apresentação será feita da forma que acharem mais pertinente (compartilhando slides, apenas oralmente, etc.). Caso estes 15 minutos sejam utilizados para a conclusão da elaboração da OI, acreditamos que assim como nas outras vivências, os professores optem por ultrapassar o horário de término previsto, a fim de apresentar seus resultados (ainda que algum dos docentes não possa ficar).

6.2.4.4.4 Análise a priori da OI₄

Similarmente à OI₃ da primeira formação, a situação proposta nesta OI possui natureza prática, e a análise da produção dos professores permite verificar se eles realizaram a gênese instrumental, utilizando-se de conhecimentos e artefatos de sua área e da outra área na composição de instrumentos para elaboração de uma aula interdisciplinar. Para averiguar a gênese instrumental da equipe interdisciplinar, analisaremos cada um dos seguintes aspectos referentes à resolução da situação (adaptados da análise *a priori* da OI₃ da primeira formação):

- 1) Em que medida a situação técnico-matemática e o planejamento da OI interdisciplinar foram definidos por professores de cada área;
- 2) Se o material fruto dos resultados do primeiro estudo foi utilizado ou se houve algum tipo de consulta externa (na internet ou outras fontes);
- 3) Como se deu a interação entre os professores;
- 4) Em que medida as vivências das orquestrações instrumentais anteriores ficaram evidentes nessa criação;
- 5) Se as condições estabelecidas pela formadora foram respeitadas;
- 6) Se a situação criada foi, de fato, técnico-matemática;
- 7) Se a OI foi planejada para implementação presencial ou remota;
- 8) Quais artefatos podem ou devem ser utilizados na resolução da situação: se priorizaram os virtuais, os físicos, ou ambos;
- 9) Se os objetivos definidos para a OI criada foram contemplados;
- 10) Se a orquestração instrumental é interdisciplinar.

6.3 Análise dos resultados

Nesta seção, analisamos, inicialmente, as performances didáticas de cada OI e, em alguns casos, as gêneses instrumentais dos sujeitos participantes. Assim como na primeira formação, as vivências de todas as OI foram gravadas e transcritas para facilitar as análises. Por

fim, descrevemos a metaperformance didática da MOI interdisciplinar, como análise geral da formação.

6.3.1 Performance didática da OI_p on-line

A partir de uma análise detalhada da OI_p, constatou-se que, de modo geral, os objetivos pretendidos foram alcançados. A principal divergência do que foi planejado em relação à implementação da OI_p on-line foi o seu tempo de duração.

O planejamento da OI_p on-line foi feito como uma evolução da sua versão presencial, cuja análise da performance didática indicou a necessidade de: i) uma ampliação do tempo da OI *pivot* (que era de 2 horas); e ii) um estudo conceitual a respeito das grandezas elétricas (resistência, tensão, corrente e potência). Considerando que o manuseio dos artefatos no laboratório virtual é mais simples em relação ao ambiente físico, acreditou-se que o tempo de 3 horas seria suficiente para concluir a discussão pretendida.

Entretanto, alguns fatores implicaram na insuficiência do aumento de 1 hora na previsão de tempo da OI, que teve uma duração total de 4 horas e 45 minutos (enquanto a versão presencial durou 2 horas e 25 minutos). O principal deles foi a discussão a respeito dos conceitos físicos, que rendeu bem mais que o previsto por E₁. O docente optou por uma abordagem com ênfase em aspectos históricos e integração com saberes em Química – a respeito da ideia de modelo atômico e da compreensão dos conceitos de Tensão, Corrente e Resistência Elétrica. Além disso, houve uma maior interação dos participantes comparando com a OI_p presencial.

Também deve-se considerar que na modalidade remota há uma maior facilidade em remarcar um novo momento para concluir a vivência da orquestração instrumental, e, conseqüentemente, prolongar seu tempo de duração. Este foi o caso da versão on-line, cuja continuação da vivência se deu em outro dia, como uma decisão *ad hoc* dos formadores. F se disponibilizou a ceder os 30 minutos iniciais da OI₃ para que E₁, que aceitou a sugestão, concluísse a implementação do que foi planejado para a OI_p. Na OI_p presencial, não foi possível esta remarcação, e alguns aspectos importantes definidos no planejamento da orquestração instrumental não foram implementados.

Um ponto que merece destaque, também, é relativo à transição da vivência no laboratório físico de eletroeletrônica para o laboratório virtual. E₁ chama atenção para as modificações que precisou fazer no planejamento da OI_p, explicando que alguns aspectos podem ser transpostos de um ambiente para o outro, e outros não. Por exemplo, a interpretação do domínio da função a partir do cálculo da potência máxima, que acarreta em uma tensão

máxima suportada pelo resistor; a ligação em paralelo para uso do voltímetro e em série para uso do amperímetro; são alguns aspectos trazidos do ambiente físico para o virtual.

Em contrapartida, a habilitação do multímetro, por exemplo, a qual envolve a conexão de cabos nos locais adequados, o giro da chave seletora e o cálculo de escala do amperímetro para medir corrente, são particularidades do ambiente físico que não conseguem ser transpostas para o virtual. Inclusive, esta não-equivalência pode acarretar algumas simplificações, como ocorreu na OI_p on-line: em alguns momentos a utilização do voltímetro foi dispensada, já que na plataforma digital o usuário pode observar o valor da tensão pela indicação da bateria. Já no ambiente físico real, o uso do voltímetro é imprescindível para situações da mesma natureza. Essa divergência também pode levar a diferentes esquemas mobilizados para resolver a mesma situação nos dois tipos de ambiente: físico e virtual. Até porque as limitações e potencialidades dos artefatos variam de acordo com sua modalidade.

A seguir, relataremos como se deu a implementação da OI_p on-line, levantando reflexões sobre alguns pontos mais relevantes. Ocorreu no dia planejado inicialmente, na plataforma do *Google Meet* (Figura 28), e sua continuação se deu uma semana depois, logo antes da vivência da OI₃. Em ambos os encontros, todos os participantes chegaram na hora combinada e permaneceram até o encerramento. No momento inicial, F agradece a participação de todos e explica brevemente como se dará a implementação da OI, passando a palavra a E₁.

Figura 28 – Cenário da OI_p on-line



Fonte: Captura de tela da vivência da OI_p on-line, com efeito para preservar identidade dos participantes (2021).

E₁ compartilha a apresentação de slides preparada por ele, explicando o conteúdo geral da discussão, os objetivos pretendidos com a OI e instrui os professores de matemática quanto aos artefatos que devem ser providenciados (papel, lápis, abrir novo documento do *word*, abrir

nova janela de navegador com simulador), conforme previsto. Enquanto eles providenciam, fala um pouco do simulador virtual a ser utilizado na plataforma *phet*. Em seguida, explica sobre as disciplinas de Fundamentos de Eletroeletrônica e Instrumentos de Medidas e sua relação com o conteúdo de funções (ações 1 e 2, Quadro 10).

No geral, E_1 segue a sequência de ações prevista no Quadro 10. A explicação a respeito de conceitos elétricos básicos (grandezas elétricas, circuitos, artefatos), cuja necessidade de inclusão na configuração didática foi identificada na análise da primeira formação interdisciplinar, é feita por E_1 minuciosamente (ação 3). Neste momento, dos conceitos explicitados na ação 3, só não fala da grandeza potência elétrica, deixando a discussão mais para frente. Pelo fato deste estudo detalhado das grandezas elétricas (corrente, tensão e resistência) ser imprescindível para o entendimento da Lei de Ohm, E_1 decide, no momento da implementação da OI_p , dedicar mais tempo a ele do que havia previsto. Esta decisão *ad hoc* tomada por E_1 justifica boa parte da extrapolação do tempo de implementação desta orquestração instrumental. Além disso, ele não previu que houvesse uma boa interação dos professores de matemática, que fizeram algumas perguntas as quais levaram a mais explicações.

Como solução para minimizar esta delonga, E_1 poderia ter realizado previamente uma gravação de vídeo com essas explicações e solicitado aos professores de matemática que assistissem antes da vivência da OI_p , ficando este momento apenas para sanar dúvidas. O vídeo também poderia ser disponibilizado no *webdoc* (OI_2) complementando a explicação a respeito dos conceitos elétricos. Como sugestão de adaptação para uma implementação futura da MOI interdisciplinar, esta parte da própria gravação da vivência da OI_p on-line poderia ser disponibilizada previamente aos participantes. Sua duração seria de aproximadamente 1 hora.

Após essas explicações, E_1 segue de acordo com a previsão da sequência de ações realizando a ação 4 (Quadro 10): fala da relação linear entre tensão e corrente, especificando características da resistência e sua unidade de medida; o porquê (fisicamente) de a corrente ser função da tensão; como a situação é disposta graficamente; a relação entre resistência e inclinação da reta do gráfico.

Desta vez, E_1 optou por representar a tensão no eixo das abscissas e a corrente nas ordenadas, diferente de como fez na versão presencial. Esta escolha se deu devido à dificuldade por parte dos professores de matemática, naquele momento, em compreender esta inversão que é feita na física em alguns contextos, quando a grandeza que determina o comportamento da outra (no caso aqui a tensão) é representada no eixo y . Neste caso a resistência seria o próprio coeficiente angular da função. Mas, uma vez que a intenção principal é estabelecer a relação com o conteúdo matemático, desta vez E_1 optou pela abordagem matemática para guiar suas

explicações e solicitar tarefas (incluindo a situação proposta). Entretanto, ao explicar como Ohm estabeleceu essa relação, E₁ não modificou sua fala ao mencionar a correspondência entre a resistência e a tangente do gráfico, que na representação de *tensão x corrente* é obtida da relação tangencial entre as grandezas, mas na representação *corrente x tensão* é a cotangente:

E₁: Então sabendo qual é a tensão e observando essa variação de corrente, ele (Ohm) poderia, então, obter quem seria essa resistência elétrica. Nesse caso aqui, para esses dois pontos que foram destacados no gráfico, se eu observar essa variação de tensão, o cateto adjacente a esse ângulo aqui em relação ao eixo horizontal, e dividir por esse cateto oposto a esse ângulo também, que é exatamente a variação de corrente, o meu θ vai me dar essa inclinação, essa tangente, essa função tangente.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Como de costume, após sua explicação, E₁ pergunta aos professores de matemática se gostariam de fazer alguma consideração, e M₄ se manifesta:

M₄: Eu só estava vendo essa questão, quando você falou da tangente, que é o que a gente usa como coeficiente angular, porque aqui é o cálculo do i em função de v , né? Que na verdade o coeficiente angular é $1/R$. Aí por isso que há sempre essa inversão, né? Feito você estava dizendo aí, quando a gente fala em função linear, a gente tem que lembrar que essa inversão é justamente... eu estava associando aqui quando você falou, você falou na tangente, mas para nossa visão aqui quando você fez o $\frac{\Delta V}{\Delta I}$ aí, estava dando uma cotangente, né? Mas você voltando lá para a função mesmo, para a lei de Ohm, ela é realmente a tangente, eu estava só fazendo essa associação.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Nesta fala, M₄ mostra compreender bem a relação entre a resistência e o coeficiente angular da função, que na representação *corrente x tensão* é dado pelo inverso da resistência. Também demonstra que compreendeu a inversão (representação *tensão x corrente*) feita em alguns contextos físicos, a qual acarreta na resistência obtida pela relação, de fato, tangencial. E₁ confirma a fala de M₄ reiterando que existem os dois espectros (matemático e físico), chamando a atenção para como é feita a abordagem em livros técnicos, especialmente os mais teóricos, de *tensão x corrente*. Complementa afirmando que a questão da representação é relativa, e depende da abordagem dos autores do ponto de vista do princípio da construção. Mas que a corrente é, de fato, uma função da tensão nesses circuitos resistivos. Finaliza a discussão deste tópico com a seguinte fala:

E₁: Essa associação para a gente (professores das disciplinas técnicas) é muito importante, principalmente quando estamos dentro do laboratório. Porque antes de adentrarmos na Lei de Ohm, em geral, eles (os alunos) já estão ali estudando funções. Eles já têm, de certa forma, essa ideia de y e x . Então é muito importante

para a gente tentar associar da melhor maneira possível esse conteúdo matemático com o conteúdo no contexto de circuitos. E, mesmo vocês na abordagem da matemática, também pensar sob essa ótica: como é que o aluno vai interpretar lá. Essa forma corrente x tensão ou tensão x corrente, essa construção gráfica, essa percepção entre o conteúdo matemático e o conteúdo de eletroeletrônica, ela é bem sensível nesse contexto aqui. [...] É pensar que a corrente é função da tensão, mas experimentalmente, o que eu consigo controlar/variá-la, vai ser essa tensão. E, enfim... eu coloco que também, dentro do campo da eletroeletrônica, quando você vai evoluindo, vai estudando mais a fundo outras características, outros conteúdos ao longo da integralização curricular, em muitos deles a construção é tensão x corrente, mesmo sabendo que é a tensão o elemento, em muitos dos cenários, a variar. Então você pode encontrar V em função de i , sendo o i ali no eixo das abscissas. No entanto, o que você está variando está no eixo das ordenadas. É comum você encontrar esse tipo de abordagem, também, dentro do conteúdo técnico.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Em seguida, E₁ fala de um exemplo de atividade experimental, em que essa situação é representada por meio da variação de uma fonte de tensão para um resistor ôhmico, com captura da corrente elétrica no circuito utilizando um amperímetro. Mas antes de solicitar a tarefa 1 (ação 5, Quadro 10), E₁ define potência elétrica e aproveita para explicar como ela influencia no valor máximo de tensão suportada pelo resistor de forma a manter a característica linear da relação. Explica como é feito o cálculo e sua relação com o conteúdo matemático (domínio da função), adiantando a ação prevista como de ordem 13 (Quadro 10).

Então E₁ resolve um exemplo em que são dados os valores de resistência e potência de um resistor. Com essas informações, calcula a máxima tensão suportada por ele (estabelecendo o domínio da função), os valores de corrente a partir de dois valores de tensão dentro do domínio (pela Lei de Ohm), marca os pontos e traça o gráfico (corrente x tensão) da função afim. Como de costume, E₁ explica como seria o procedimento utilizando os artefatos físicos, mostrando o multímetro na câmera e lembrando como se dá a escolha da sua escala. Depois, calcula o valor da resistência como inverso do coeficiente angular e compara com a resistência dada. Neste momento, os professores de matemática parecem ter compreendido bem a resolução e afirmam não ter dúvidas quando questionados.

Logo em seguida, E₁ solicita que eles resolvam a tarefa 1, similar ao exemplo mostrado, para dois resistores distintos. Ao dar as instruções, o ministrante pede a M₁ e M₄ que façam o registro da resolução (por foto) e enviem à formadora. Inicialmente, M₁ tira sua dúvida a respeito do gráfico ter sido traçado, no exemplo, a partir da abscissa 1. E₁ esclarece que foi apenas a primeira marcação, mas não deixa claro que o domínio começaria da abscissa 0. M₄ também parece confuso com essa questão. Percebendo isso, a formadora pergunta a E₁ se o

domínio começa do zero, e se, neste caso, o ideal não seria que o gráfico fosse traçado a partir da origem. E₁ explica que sim, mas que algumas vezes faz essa medição intermediária para que os alunos não se limitem a calcular apenas um ponto (o de tensão máxima) e traçar o gráfico a partir da origem. Pouco tempo depois, M₁ e M₄ enviam à F as fotos com suas resoluções. Ambos efetuam os cálculos corretamente e traçam o gráfico a partir da abscissa 1, como E₁ fez no exemplo dado. O envio das fotos foi feito pelo *whatsapp*, artefato que não foi previsto na configuração didática, mas que se mostrou bastante útil ao longo da formação para a troca de arquivos.

E₁ inicia uma nova etapa da vivência, incluindo, agora, o uso do simulador virtual. Até este momento, já se passaram 2 horas e 16 minutos do início do encontro. Mais uma vez, o ministrante dá instruções para que os participantes abram o simulador em uma nova janela do navegador de modo que possam observá-lo manuseando o programa enquanto fazem o mesmo. E₁ elenca as principais ferramentas do simulador, suas funções e como manusear, sempre fazendo relação com o conteúdo técnico e comparando com o manuseio dos artefatos físicos reais. Alternando sua tela compartilhada entre os slides e a página do simulador, mostra todas as ferramentas. Enquanto isso, os professores de matemática vão explorando o artefato, realizando testes, se instrumentalizando (ações 6 a 8, Quadro 10).

E₁ fala dos limites de valores de alguns componentes (baterias e resistores), e reitera os conceitos de circuito aberto e fechado enquanto faz as construções (ações 9 e 10). Fala como o multímetro funciona nesse ambiente virtual: que nele não existe um multimedidor, mas medidores de grandezas individuais (amperímetro, voltímetro). Mostra como usá-los, o tipo de ligação indicada para cada um (em série ou em paralelo) para inseri-los no circuito (ações 12 e 15). Ele explica como a potência elétrica e a máxima tensão (ação 13) podem integrar esse contexto virtual:

E₁: É importante a gente saber que aqui, em geral, não conseguimos especificar os limites de potência. Você observa, quando eu clico no resistor, que eu não consigo indicar qual é a potência dele. Então eu posso fazer a abordagem do ponto de vista teórico. Exemplo, dando um resistor eletrônico ao estudante, e quando eu indico/entrego esse resistor eletrônico, ele faz a conferência com a barema, vê qual é a potência, e ele é que vai estabelecer qual é essa especificação aí, do domínio da função, da máxima tensão que o meu componente resistivo vai estar submetido. E aí durante o teste, na plataforma digital, ele vai levar isso em consideração, ele vai trazer uma informação real, de um componente real que está ali em posse dele, ou que foi formado para ele, as características. E a partir disso, ele vai saber que, para essas condições, ele não vai poder ultrapassar a tensão máxima calculada a partir da expressão da tensão em função da potência. Traz uma informação real, e leva para a plataforma digital.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Como instruções para a tarefa 5 (situação técnico-matemática proposta), E₁ mostra no simulador como vai capturando o valor da corrente para alguns valores de tensão, utilizando o circuito já construído e respeitando o valor de máxima tensão calculado previamente. Explica que se trata de uma reprodução do experimento de Ohm, e que por meio daquele conjunto de pontos se faz o levantamento da curva característica:

E₁: Você elabora o seu circuito; submete esse seu componente resistivo a uma diferença de potencial limitada pelas características reais dele, de dissipação de potência; conecta o amperímetro em série; conecta o voltímetro em paralelo; vai capturando os dados e fazendo esse registro até a construção gráfica.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Então E₁ explica mais uma vez o passo a passo para resolver o problema, apresenta a situação e os valores (de resistência e potência), e pede aos participantes que a resolvam, lembrando-os de fazer o registro (captura da tela do simulador e foto do gráfico construído) e enviar à formadora (ação 17, Quadro 10).

Ao observar o avanço da hora (até então 2 horas e 50 minutos do início da vivência da OI), F percebe que não dará tempo de concluir o que foi previsto, ainda que todos os participantes tenham a disponibilidade de ficar um pouco mais que o programado. Além da resolução da situação e discussão dos resultados, ainda constava na configuração didática da OI_p on-line a resolução de mais uma tarefa (tarefa 6, similar à situação proposta), e a apresentação e discussão da Lei das Tensões de Kirchhoff como uma situação de função afim não linear, com solicitação da tarefa 7 (reprodução da lei montando circuito no simulador e construindo o gráfico da função). Então, toma a decisão *ad hoc* (com anuência de E₁) de encerrar o encontro remoto após a resolução da tarefa 5, deixando a tarefa 6 para que os participantes façam em casa durante a semana, e disponibilizando a parte inicial do tempo destinado à OI₃ (cuja discussão é conduzida por ela) para que E₁ conclua o que planejou. Todos concordam com a sugestão.

Então M₄ diz a E₁ que está com dúvida quanto à resolução da questão. Ao explicar mais uma vez, E₁ lembra a importância de, primeiramente, calcular o valor máximo da tensão suportada pelo resistor para determinar o domínio da função. M₁ afirma que já fez o cálculo e montou o circuito, e questiona o fato de as setinhas que representam a corrente em circulação estarem paradas. E₁ explica que essa é uma limitação do simulador, que na verdade a corrente está circulando, mas como o valor é baixo, esse movimento não é representado:

E₁: Se ela não existir é porque não tem corrente, o circuito está em aberto ou a tensão é nula. Se ela existir e tiver essa sensação que está parado, isso é importante frisar, significa que a corrente tem uma intensidade baixa. E dentro desse espectro

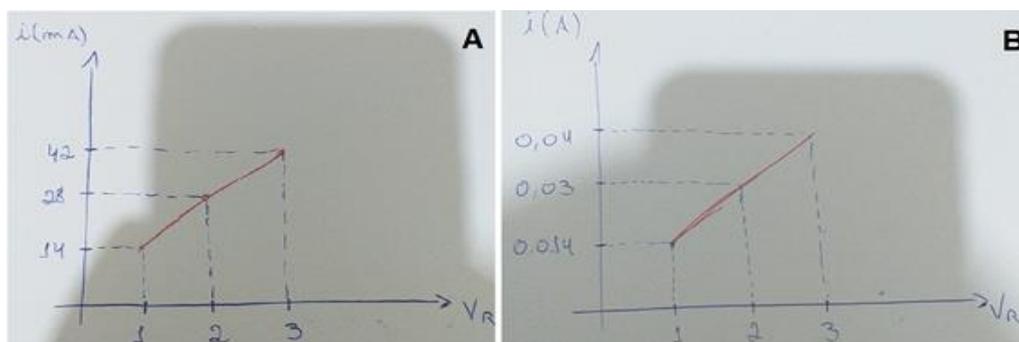
de representação de velocidade, ela está abaixo de um certo limiar que faz com que o software, o simulador, mantenha ela paradinha aí. Mas tem corrente sim no circuito.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

M₁ mostra compreender a explicação, e afirma que já fez os cálculos, e vai conferir os valores com o amperímetro no simulador. Enquanto isso M₄ ainda não consegue compreender como resolver a tarefa. E₁ explica mais uma vez, e identifica que M₄ não está compreendendo que precisa, inicialmente, calcular o valor máximo de tensão para determinar o domínio da função. Após algumas interações entre os dois, M₄ demonstra entender e vai resolver a tarefa. Neste meio tempo, M₁ conclui a resolução e envia por foto à formadora, que encaminha para E₁. O ministrante, então, percebe que M₁ construiu o gráfico a partir dos valores calculados, e não dos valores retornados pelo amperímetro no simulador. Explica isso e pede para que ele faça novamente, agora utilizando os valores do simulador. M₁ refaz e envia novamente a foto a F, desta vez como esperado (Figura 29).

Figura 29 – Representação gráfica *corrente x tensão* por M₁

(A) Valores calculados; (B) Valores retornados no amperímetro

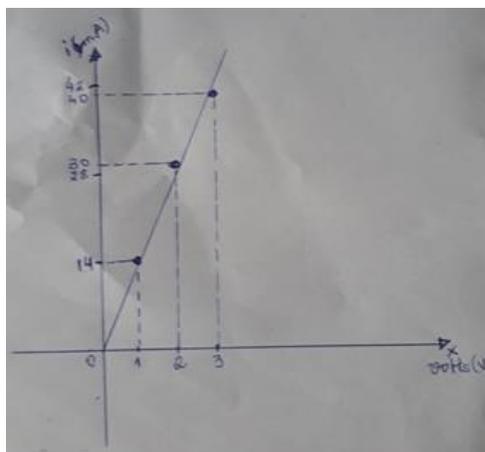


Fonte: Elaborada por M₁ durante a implementação da OI_p on-line (2021).

M₁ constata que houve uma pequena diferença de valores nas duas construções. Embora tenha utilizado unidades de medida diferentes para os valores de corrente (miliampere e ampere), se feita a conversão da segunda construção para miliampere é fácil notar uma pequena discrepância entre os valores (de 28 para 30 na segunda medição, e de 42 para 40 na terceira medição). Posteriormente, M₄ também envia foto da sua resolução (Figura 30) à formadora com construção semelhante, em que essa pequena discrepância fica mais clara, representada em um único gráfico. E₁, então, fala de erros sistemáticos oriundos do artefato digital. Explica que o simulador possui mais uma limitação, fazendo arredondamentos de duas a três casas decimais: quando o numeral 1 compõe o número, ele mostra três casas decimais, já que este numeral ocupa menos espaço no visor; já quando o número não é composto pelo numeral 1, apenas duas casas decimais são mostradas no visor. E₁ fala que essas discrepâncias experimentais ocorrem,

também, na utilização de dispositivos reais, em laboratório físico, dando vários exemplos (ação 14, Quadro 10). Tanto M_1 quanto M_4 fazem comentários a respeito, e E_1 aprofunda mais sobre a questão.

Figura 30 – Representação gráfica corrente x tensão por M_4



Fonte: Elaborada por M_4 durante a implementação da OI_p on-line (2021).

Por fim, E_1 finaliza explicando a tarefa 6, e pede a M_1 e M_4 que tentem resolvê-la (ação 18, Quadro 10) durante a semana, utilizando o simulador, e enviem os registros à formadora. Esta, por sua vez, dá as instruções a respeito da OI_2 (leitura do *webdoc* e criação de duas questões, como será detalhado na próxima seção) e ratifica que na semana seguinte, antes de começar a vivência da OI_3 , E_1 irá finalizar as discussões da OI_p . Agradece a participação de todos e encerra a sessão remota, que teve duração de 3 horas e 31 minutos.

Na semana seguinte, E_1 inicia o encontro fazendo uma reflexão sobre como os processos de instrumentação e instrumentalização são imbricados, e fala também de modificações que precisou fazer na configuração didática em relação à versão presencial da OI_p . Comenta que percebeu a necessidade de um estudo mais detalhado dos conceitos elétricos, uma vez que um distanciamento desses conceitos por parte do sujeito atrapalha sua compreensão. E_1 ressalta a grande importância de uma abordagem química, e relata que no próprio ensino técnico existe essa preocupação. Em seguida, reflete sobre as similaridades e diferenças de instrumentação/instrumentalização no ambiente físico e no virtual, conforme já discorrido no início desta seção. Explica um pouco da realidade atual dos alunos cujas aulas estão ocorrendo apenas remotamente, externando suas preocupações e reflexões em relação às adaptações que precisou fazer, também, em sala de aula, e sobre como isso pode afetar a gênese instrumental dos estudantes:

E_1 : O profissional vai aprendendo também, e até os alunos em formação, eles aprendem, eles têm um processo de... eu fico pensando, o processo é junto. Instrumentalizar: aprender, mexer, etc., saber os passos e a forma de uso; e

instrumentação, que é perceber as limitações, o que é que dá para fazer e o que não dá. Será que não poderia pensar isso pelo menos em um aspecto separado? Se eu refletir, como estava falando para vocês... porque quando eu estou em aula, o aluno vai aprender a utilizar um determinado modelo de multímetro. Eu ensino esse, digo as técnicas, mas envio para ele outro modelo. A primeira coisa que ele vai pensar, é: o que é que eu posso trazer de conhecimento de lá para cá? Mas o segundo ponto é: ele se instrumentaliza, e também tem esse processo de instrumentação vendo o manual do instrumento. Então essa é uma particularidade que a gente também não abordou, porque quem fica responsável por ler o manual é o instrutor, que está pesquisando isso. Mas quando a gente vai formando, o aluno vai adquirir uma autonomia de que ele, para se instrumentalizar, vai ter que ir em busca do manual, das informações, enfim. Então fica a reflexão aí, que eu fiquei pensando enquanto estava ministrando para vocês. Porque eu estou ministrando para os meninos, aí eu envio para eles os kits em casa. Foi uma forma diferente que eu imaginei, pensando na limitação financeira e outras coisas. Mas enfim, pensando nisso, como é que eu ministro a aula, já que eu uso, também, o phet. Mas eu também gravo vídeo, utilizo o whatsapp, como a gente utilizou como forma de adaptação, que a gente não tinha pensado, né? Mas vocês mandaram atividades por whatsapp, a gente foi vendo as dúvidas por whatsapp também, enfim, tem várias adaptações nesse processo, que é muito interessante.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Finalizando suas reflexões, E₁ pergunta aos participantes se conseguiram resolver a tarefa 6. Ambos confirmam, afirmando já terem enviado as produções à formadora, que por sua vez afirma já ter encaminhado à E₁.

O ministrante explica que fechará as discussões fazendo uma expansão das aplicações trabalhadas no contexto da Lei das Tensões de Kirchhoff. Explica como Kirchhoff chegou a seus resultados. Ao afirmar que irá correlacionar esta aplicação do contexto técnico à função afim, pensando agora numa forma mais ampla, E₁ pergunta se F gostaria de fazer alguma consideração antes dele continuar. A formadora apenas reitera que as relações feitas anteriormente com a Lei de Ohm se restringem a funções afins lineares, e que agora seria estudado o caso de funções afins não lineares também. Neste momento, E₁ afirma que não é este o caso, que se referia a funções afins cujo gráfico não precise passar pela origem. Então F explica que, na matemática, este tipo de função é chamado função afim não linear. Quando ela percebeu que para E₁ ‘função linear’ era qualquer função que apresentasse um comportamento linear (ou seja, qualquer função afim), achou relevante explicitar essa diferença de nomenclatura nas áreas para evitar qualquer confusão na compreensão por parte dos professores de matemática.

E₁ retoma a discussão perguntando se ficou alguma dúvida em relação à tarefa 6. Ele relata que refletiu sobre as dificuldades que observou na semana anterior durante o encontro, e acredita que sejam relativas à construção conceitual, ao passo a passo da resolução, o qual ele

chamou de algoritmo. Conclui que embora não ensine como um algoritmo, talvez apresentar um fluxograma ou sequência de ações pudesse facilitar a aprendizagem (Quadro 12).

Quadro 12 – Passo a passo para resolução da situação técnico-matemática

N.	Descrição do passo
1	Estabelecer o domínio da função calculando a máxima tensão suportada pelo resistor por meio da fórmula $v = \sqrt{p \cdot R}$, a partir dos valores dados de potência (W) e resistência (Ω).
2	Montar o circuito elétrico no simulador virtual, adicionando: resistor (com valor indicado); bateria; fios para fechar o circuito.
3	Conectar os instrumentos de medição no circuito: amperímetro (conexão em série); e voltímetro (conexão em paralelo).
4	Escolher no mínimo 3 valores de tensão (habilitando a representação dos valores), dentro do intervalo do domínio (incluindo o valor máximo), e registrar os respectivos valores de corrente retornados no amperímetro.
5	Construir o gráfico da função <i>corrente x tensão</i> a partir dos pontos obtidos.
6	Calcular o valor da resistência a partir de dois pontos do gráfico obtidos pelas medições digitais, e comparar com o valor do enunciado.

Fonte: A autora (2021).

M₁ afirma não ter nenhuma consideração a respeito do assunto, enquanto M₄ conta que se sentiu perdido no início, sem saber como proceder, por se tratar de um contexto totalmente novo para ele. Mas que depois foi compreendendo e se sentindo mais seguro. E₁ explica que os alunos encontram essas mesmas dificuldades, só que agravadas porque se juntam a outras, como dificuldade em realizar os cálculos, de trabalhar com potências na base 10, transformações entre unidades de medidas.

O ministrante mais uma vez retoma a discussão sobre a Lei das Tensões de Kirchhoff, explicando como se deu seu pensamento até chegar no enunciado da lei. Define a lei a partir de uma associação de baterias, com uma fonte de tensão fixa e outra variável (ação 19, Quadro 10). Apresenta uma situação de fonte com polaridade contrária (ação 22), mostrando pilhas na câmera. Enquanto M₁ afirma estar confuso sobre o significado, M₄ consegue responder corretamente à pergunta de E₁ a respeito da situação simulada com as pilhas nas mãos. Então E₁ abre o simulador *phet* e faz a montagem do circuito com as fontes representadas virtualmente, explicando o significado das polaridades. Agora M₁ afirma compreender, e M₄ faz uma associação com o conteúdo de integral de linha que trabalha na disciplina de cálculo 3, no curso de Engenharia Elétrica. E₁ explica que a ideia original do que Kirchhoff propôs está

de fato relacionado ao que M_4 pontuou, e que a análise matemática foi feita mais para a frente. Mais uma vez reitera como a inversão da polaridade da fonte impacta no valor da tensão final do circuito, mostrando exemplos no simulador virtual. E_1 , então, pede que M_1 e M_4 façam a mesma construção no simulador virtual (ação 21, Quadro 10). Neste momento, M_1 afirma que o seu computador está bem lento, travando, e que pode ter problemas em trabalhar no simulador.

Enquanto ele tenta entrar na sala também pelo celular, F inicia a discussão sobre a necessidade do uso do voltímetro, neste caso de circuito com mais de uma fonte, para identificar o valor da tensão final referente ao circuito. Ela explica que no dia anterior, quando M_1 se comunicou pelo *whatsapp* para avisar que mandou as tarefas solicitadas por e-mail, o participante pensou ter feito a atividade 6 de forma errada, já que sua construção ficou diferente da que constava nos slides compartilhados: ele não havia conectado o voltímetro ao circuito. A formadora diz que no caso das tarefas 5 e 6, o usuário pode verificar o valor de tensão do circuito pelo valor de tensão da bateria, já que ela é a única fonte de tensão do circuito (que também só possui um único resistor), sendo o voltímetro, portanto, dispensável. Mas no caso em questão, da aplicação da Lei das Tensões de Kirchhoff (em que há mais de uma fonte de tensão no circuito), ele precisaria utilizar o voltímetro para verificar o valor da tensão do circuito como um todo. E_1 confirma a informação, mas reitera a importância de que ainda assim o voltímetro seja utilizado em todas as situações, para facilitar a transposição dos esquemas desenvolvidos no ambiente virtual para o físico (onde o uso do voltímetro é indispensável para ambas as situações).

Neste tempo, M_1 e M_4 concluem a construção do circuito no simulador, e E_1 pede que alterem o valor de algumas grandezas e observem o comportamento da tensão e da corrente elétrica do circuito, indicadas no voltímetro e no amperímetro, respectivamente. E_1 faz as análises chegando à equação da função afim (não linear), e constrói o respectivo gráfico:

E_1 : Esse gráfico aqui, em particular, é o gráfico da corrente em função da tensão da fonte variável. Porque, se vocês observarem, a gente foi alterando uma das fontes, mas a outra não, a outra é considerada fonte fixa. Então, considerando isso, quando a tensão da fonte variável está em 0 volts, a corrente é 0.03; quando aumentou para 3 volts, a corrente 0.06; 6 volts, 0.09; 9 volts, $9 + 3 = 12$, dividido pela resistência 100, 0.12. A gente, quando fala no contexto técnico, diz que há um perfil linear. Como para esse nosso exemplo as fontes têm um caráter aditivo, a expressão matemática da corrente em função da tensão V_1 tem esse formato aqui: . Sendo que essa componente V_2 é uma componente fixa, a componente constante. E essa outra componente V_1 é uma componente variável. Então a corrente é função dessa tensão V_1 aqui. Como V_2 é igual a 3 volts e a resistência igual a 100 Ω , então a corrente seria $1/100$ vezes V_1 , $0.01 \cdot V_1$, mais V_2 , que é 3 volts, dividido por 100:

0,03. Então esse seria o perfil, essa seria a expressão que rege esse gráfico ($i(V_1) = 0.001V_1 + 0.003$), a corrente em função da tensão V_1 .

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Após mais algumas análises e manipulações das equações em conexão com a função afim, E₁ questiona se os professores de matemática acompanharam o raciocínio. Ambos confirmam, e M₁ fala de uma discrepância de valores que encontrou na resolução da tarefa 6. Mais uma vez, E₁ fala de erros sistemáticos e da limitação do artefato virtual. Cita alguns exemplos de erros, também, relativos aos artefatos reais, físicos. F aproveita para falar de como estão relacionados ao processo de instrumentação. E₁ cita ainda outros exemplos, falando de disciplinas específicas para estudar estes tipos de erros, e M₄ chama a atenção para a importância da estatística nesta questão.

Antes que E₁ volte à discussão principal, F destaca a importância de se identificar as conexões entre a função afim e as grandezas elétricas para os casos estudados. E₁ concorda e complementa:

E₁: Esse correlacionamento é muito importante. Eu diria até que ele é essencial para a gente, de fato, fazer essa integração funcionar. Ela já funciona, eu digo isso porque quando a gente está trabalhando no contexto técnico, a gente vai trazendo esses saberes que vêm já da construção, do raciocínio, do conhecimento matemático. E é muito frequente o aluno dizer ‘eu já vi isso em tal lugar’. E não só em relação a esse conteúdo. A bagagem de modelos matemáticos dentro da engenharia, dentro da eletroeletrônica, é muito grande, então a gente sempre está fazendo essa relação. (...) Então essa integração, ela é necessária, praticamente em torno de toda a integralização do currículo.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Então E₁ retoma a discussão pedindo aos professores de matemática que reproduzam a tarefa com outros valores de resistência e tensão (tarefa 7), dando todas as instruções (resistência 1,2 kΩ e tensão – 9 V). Entretanto, neste momento a conexão de M₄ é interrompida, e M₁ apresenta problemas com o computador, sem conseguir mexer no simulador. M₄ retorna, mas também apresenta problemas com o computador. Neste momento já se passou um pouco mais de 1 hora do início da vivência, então F, preocupada com o tempo, sugere que E₁ resolva a tarefa no simulador, compartilhando sua tela, e M₁ e M₄ apenas observem. E₁ reluta ressaltando a importância desta construção por parte deles para verificar se compreenderam bem os conceitos. M₁ diz que o simulador voltou a pegar, e questiona E₁ se para atribuir um valor negativo à fonte de tensão basta inverter a polaridade da bateria. E₁ confirma e diz que é exatamente o que queria verificar, se essa questão ficou entendida, dando a atividade como resolvida. M₁ também chama a atenção para o fato de o voltímetro mostrar o valor negativo da

tensão, e E_1 explica o motivo. Por fim, F questiona E_1 se é possível manipular as tensões para obter uma função afim decrescente, recebendo uma confirmação. O ministrante encerra a OI *pivot* 1 hora e 13 minutos do início do encontro, e conclui afirmando que conseguiu discutir tudo o que estava previsto.

6.3.2 Análise das gêneses instrumentais de E_1 , M_1 e M_4 relativas à OI_p on-line

Agora, analisaremos cada categoria especificada no Quadro 11 no que concerne às particularidades da performance didática de cada um dos docentes, com foco em suas gêneses instrumentais.

Em relação ao conteúdo técnico (i), E_1 explicou de forma muito clara e detalhada cada um dos tópicos, especialmente as subcategorias A, B e C (conceito de circuitos elétricos; significado das grandezas elétricas e como se dá sua relação na Lei de Ohm; potência elétrica). O próprio docente foi além do que previu, o que acarretou parte do extrapolamento de tempo. Demonstrou domínio pleno dos conteúdos e suas relações com a química e com a física, esclarecendo todas as dúvidas que surgiam ao longo da vivência da OI. Em relação à subcategoria D (Lei das Tensões de Kirchhoff), explicou de maneira mais objetiva, fazendo as devidas relações com a função afim. Uma vez que todas as explicações foram feitas minuciosamente e com muita clareza, M_1 e M_4 aparentaram compreender bem, fazendo interações e perguntas durante as discussões relativas aos conteúdos.

No que concerne aos artefatos profissionais (categoria ii), mais uma vez E_1 mostrou ter pleno domínio, explicando e mostrando a M_1 e M_4 as principais ferramentas do simulador virtual (subcategoria A), especialmente as utilizadas nas aplicações da Lei de Ohm e Lei das Tensões de Kirchhoff na representação de funções afins (subcategoria B). Procurou prever as limitações do programa, em particular as que ocasionam erros sistemáticos, e sanou muito bem todas as dúvidas que surgiram quanto ao uso do artefato, suas potencialidades e limitações. O docente, ainda, chamou atenção para uma subcategoria que não havia sido prevista, relativa às adaptações do ambiente físico para o digital. Compartilhou suas reflexões a respeito de quais esquemas poderiam ser transpostos da utilização dos artefatos físicos para os virtuais. Ambos os professores de matemática conseguiram manusear bem o simulador virtual, apresentando as dificuldades esperadas de quem estabelece o primeiro contato com o artefato (subcategoria A). Em relação à utilização do simulador em um contexto de reprodução da Lei de Ohm, destaca-se a simplificação feita por M_1 ao dispensar o uso do voltímetro na resolução das tarefas 5 e 6 (subcategoria B).

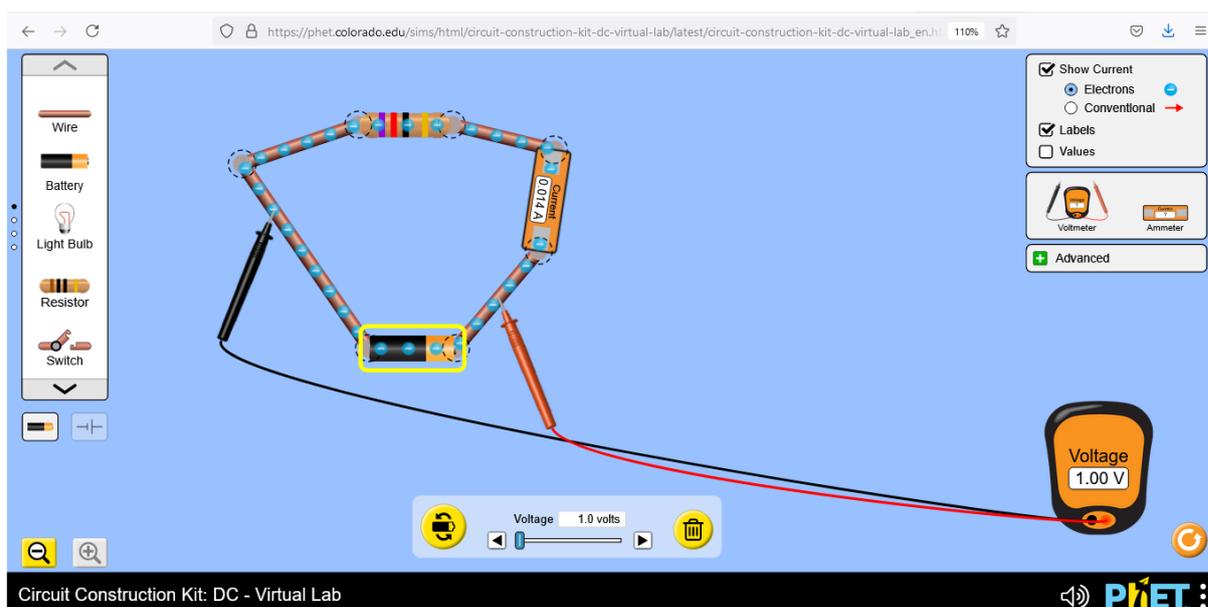
Como pode-se perceber na captura de tela que enviou a F, referente à resolução da tarefa 6 (Figura 31), M₁ chegou a adicionar o artefato, mas sem conectá-lo ao circuito. Já M₄ faz esta conexão (Figura 32). Como E₁ chama atenção, é importante a utilização do voltímetro nesta situação, ainda que dispensável, a fim de evitar que este esquema seja transposto ao ambiente físico, em que a utilização do artefato é indispensável. Ademais, em outros tipos de construções (como mais na frente na tarefa 7, uma reprodução da Lei das Tensões de Kirchhoff), a utilização do voltímetro é necessária mesmo no ambiente virtual.

Figura 31 – Construção feita por M₁ como parte da resolução da tarefa 6



Fonte: Captura de tela do programa *Phet Interactive Simulation*, 2021.

Figura 32 – Construção feita por M₄ como parte da resolução da tarefa 6



Fonte: captura de tela do programa *Phet Interactive Simulation*, 2021.

Em relação às potencialidades e limitações do simulador, tanto M₁ quanto M₄ se mostraram bastante interessados em sua utilização, achando o programa muito prático e de fácil

manuseio, ainda que possua muitas ferramentas. Quanto às limitações do artefato, emergiram as discussões a respeito do arredondamento das casas decimais no visor do amperímetro e do movimento aparente da circulação de corrente no circuito fechado. Ambas as questões foram levantadas por M₁ e devidamente esclarecidas por E₁ (subcategoria C).

No que concerne às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos (categoria iii), E₁ conduziu as discussões de maneira coesa e coerente, facilitando a construção do conhecimento por parte dos professores de matemática. Estabeleceu a relação linear entre as grandezas elétricas (resistência, tensão e corrente) ao definir a Lei de Ohm (subcategoria A), e discutiu a máxima tensão suportada por um resistor (subcategoria B) antes de propor a situação técnico-matemática, para que M₁ e M₄ já utilizassem o conhecimento para definir o domínio da função afim.

Nesta versão on-line da OI_p, diferentemente da versão presencial, E₁ optou por priorizar a abordagem matemática, utilizando o formato de função *corrente x tensão* para apresentar o conteúdo e trabalhar a situação técnico-matemática. Esta mudança de abordagem foi bastante positiva, uma vez que na OI_p presencial os professores de matemática demonstraram um pouco de confusão e insegurança ao representar a grandeza (tensão) que determina o comportamento da outra (corrente) no eixo das ordenadas, como muitas vezes é abordado em livros técnicos. Esta mudança implicou numa inversão da relação entre resistência e coeficiente angular. Na representação *tensão x corrente* a resistência era o próprio coeficiente angular, obtida da relação tangencial entre as grandezas. Nesta abordagem, a resistência passou a ser entendida como o inverso do coeficiente angular da função, agora obtida por meio da cotangente (subcategoria C). Em algum momento da explicação, E₁ não inverteu esta relação em sua fala, o que foi facilmente percebido por M₄ sem prejuízos na compreensão dos professores de matemática. Entendemos essa mudança de abordagem de E₁ como uma evolução de sua gênese instrumental no que concerne à forma de relacionar os conteúdos das diferentes áreas, já que o objetivo é abordar as temáticas de forma interdisciplinar.

No estabelecimento entre Lei das Tensões de Kirchhoff e função afim não linear (subcategoria D), E₁ foi mais objetivo. Explicou, inicialmente, a relação por meio de pilhas (mostradas na câmera) e algumas implicações relativas à sua polaridade. Em seguida, utilizou o simulador virtual para montar um circuito que reproduzisse a lei, fazendo as devidas associações com a Função Afim ao construir o gráfico. Um fator que chamou atenção nesta etapa foi, quando F reiterou que se tratava de um caso de função não linear, E₁ não estar familiarizado com a nomenclatura utilizada na matemática para este tipo de função. Em sua

fala, nomeia uma função polinomial de primeiro grau cujo gráfico não passa necessariamente pela origem do plano cartesiano como uma função mais ampla, uma função não incompleta:

E₁: A gente vai estudar a primeira dessas leis, a Lei das Tensões de Kirchhoff, para mostrar essa expansão e tentar fazer um correlacionamento dessa função, no contexto da aplicação técnica com a função afim, pensando agora nela um pouco mais ampla, não incompleta.

(Trecho da transcrição da OI_p on-line, 2021).

Após a explicação de F sobre a nomenclatura adotada na matemática (seção 5.2), E₁ acha bastante pertinente estar a par desta divergência para evitar mal-entendidos em suas explicações. Ele relata que considerava como linear qualquer função que tivesse um comportamento linear (casos gerais de função afim), e não que necessariamente possuísse coeficiente linear nulo.

M₁ e M₄ apresentaram muita facilidade em compreender a relação entre Lei de Ohm e função afim linear. O aprofundamento de E₁ em relação aos conceitos elétricos facilitou bastante este entendimento. Quanto à relação entre a máxima tensão suportada pelo resistor e o domínio da função, embora eles aparentemente tenham compreendido e resolvido facilmente a tarefa 1, na hora de resolver a situação proposta (tarefa 5), M₄ demonstrou dificuldade em relação à etapa do cálculo da máxima tensão (ou estabelecimento do domínio da função). E₁ precisou voltar à discussão e relembrar o passo a passo para que M₄ compreendesse como se aplicava à situação. Depois de um tempo ele conseguiu entender, o que ficou evidenciado em sua resolução das tarefas 5 e 6. Já M₁ demonstrou mais facilidade em compreender como executar o passo a passo para a resolução da situação (Quadro 12).

Quanto à relação entre a resistência elétrica e o coeficiente angular da função afim, ambos demonstraram compreender bem as explicações de E₁, e M₄, inclusive, o corrigiu quanto à obtenção da resistência por meio da relação de cotangente entre as grandezas elétricas, conforme já explicitado anteriormente. Uma vez que essas três subcategorias (A, B e C) relativas às conexões entre conteúdos técnicos e matemáticos (categoria iii) estão englobadas na situação técnico-matemática proposta, explicitamos, no Quadro 13 a seguir, os componentes dos esquemas mobilizados por M₁ e M₄ no processo de resolução da situação com base no passo a passo elencado no Quadro 12.

Quadro 13 – Componentes dos esquemas mobilizados na resolução da situação por M₁ e M₄

Passo (Quadro 12)	Objetivos	Regra de ação, controle, e tomada de informação	Invariantes operatórios	Inferências
1	Estabelecer o domínio da função	Calcular a máxima tensão suportada pelo resistor substituindo os valores dados de resistência e potência na fórmula $V = \sqrt{P \cdot R}$	O domínio da função afim pode ser obtido pela relação entre potência, tensão e resistência elétricas	O domínio da função é o intervalo que vai de zero até o valor da tensão máxima suportada pelo resistor
2	Montar o circuito elétrico no simulador virtual	Adicionar no simulador: resistor com valor fornecido, bateria, fios para conexão; fechar o circuito	Circuito elétrico; resistência; tensão; corrente	Quando o valor da intensidade da corrente é baixo, embora não haja movimento no circuito no simulador, existe corrente circulando
3	Conectar os instrumentos de medida (voltímetro e amperímetro) ao circuito adequadamente	Adicionar o voltímetro no simulador, conectá-lo em paralelo; adicionar o amperímetro, abrir o circuito e conectá-lo em série entre os terminais utilizando fios	Conexão em série; conexão em paralelo; medição de corrente e tensão	Observar se os instrumentos estão medindo adequadamente ou não
4	Medir a corrente elétrica para valores de tensão dentro do domínio	Variar os valores de tensão da bateria e registrar os valores correspondentes de corrente retornados no amperímetro	Lei de Ohm: relação entre tensão, corrente e resistência; arredondamento de casas decimais, erros sistemáticos	Os valores retornados no amperímetro são aproximados em duas ou três casas decimais
5	Construir o gráfico da função <i>corrente x tensão</i> que represente o circuito montado	Marcar os pontos obtidos do simulador no plano cartesiano e traçar a reta que representa a função	Função afim linear, domínio, imagem, Lei de Ohm	O gráfico que representa a Lei de Ohm é de uma função afim linear

Continua

Quadro 14 – Componentes dos esquemas mobilizados na resolução da situação por M₁ e M₄

Passo (Quadro 12)	Objetivos	Regra de ação, controle, e tomada de informação	Invariantes operatórios	Inferências
6	Calcular a resistência elétrica por meio de uma análise gráfica	Selecionar dois pontos do gráfico e calcular a resistência como o inverso do coeficiente angular ($R = \Delta V / \Delta I$)	Tangente; cotangente; resistência elétrica; cálculo da resistência por dados do gráfico; inclinação da reta; coeficiente angular; erros sistemáticos	A diferença de valores entre a resistência obtida da análise gráfica e a fornecida no enunciado se deve às aproximações do simulador (erros sistemáticos)

Fonte: A autora (2021).

Quanto à relação entre a Lei das Tensões de Kirchhoff e função afim não linear (subcategoria D), M₁ e M₄ demonstraram facilidade em compreender, uma vez que se trata de uma extensão das relações estabelecidas entre Lei de Ohm e função linear, já bem compreendidas pelos docentes.

Por fim, analisaremos como os elementos do Modelo da OI emergiram neste contexto interdisciplinar (categoria iv). O principal artefato utilizado na versão on-line da OI_p foi o simulador virtual de construção de circuitos, da plataforma *phet*. Uma vez que os professores de matemática nunca utilizaram nenhum tipo de simulador virtual, durante a implementação da orquestração instrumental foram se ambientando, se instrumentalizando e instrumentando com o auxílio de E₁, que guiava suas ações instrumentadas. Neste contexto, os conceitos de esquemas, de artefato e instrumento, processos de instrumentalização e instrumentação, gênese instrumental, ações instrumentadas (subcategorias A, B e C), foram emergindo implicitamente para servir de base às discussões do *webdoc* e da OI₃. Em vários momentos, E₁ deixava claro em sua fala ser familiarizado com todos esses conceitos, contribuindo assim, também, para as futuras discussões.

A necessidade do conhecimento técnico para manusear os artefatos, relacionar os conhecimentos de ambas as áreas e resolver a situação técnico-matemática (subcategoria D) ficou bastante evidente. Este foi um dos motivos que fez E₁ detalhar e aprofundar as discussões teóricas relacionadas, e M₁ e M₄ não hesitaram em esclarecer suas dúvidas. Em relação à versão presencial da OI_p, as interações foram muito mais ricas, ainda que os professores de matemática não tenham trabalhado em dupla. Como hipótese, acreditamos que alguns motivos contribuíram

para isso: a modalidade de encontro remoto; o fato de ter menos participantes; a percepção de que a compreensão de cada etapa é essencial para resolver as tarefas passadas; uma orientação de E_1 direcionada a M_1 e M_4 , e não a um coletivo; a simplicidade de manuseio dos artefatos virtuais em relação aos físicos.

Finalizamos essa análise ratificando que os objetivos pretendidos com esta orquestração instrumental foram alcançados, ainda que diversas adaptações tenham sido necessárias em relação ao que foi planejado. Como principal adaptação, sugerimos o aumento do tempo de vivência da OI e a criação de um material teórico a respeito de conceitos elétricos básicos, para ser estudado individualmente pelos participantes antes da vivência da OI_p, de forma a reduzir seu tempo de duração, e para que os professores de matemática se sintam mais seguros quanto à compreensão conceitual da outra área do conhecimento e, conseqüentemente, à adoção de uma prática interdisciplinar.

6.3.3 Performance didática da OI₂

A análise da performance didática da OI₂ foi feita por meio das perguntas elaboradas pelos participantes, enviadas à formadora. Já as reflexões feitas em torno das respostas a estas questões, discutidas na implementação da OI₃, serão analisadas na performance didática da OI₃.

Cada um dos professores enviou as perguntas por e-mail à formadora, conforme combinado, e um dia antes da vivência da OI₃. A seguir, descreveremos as questões, por docente, analisando alguns pontos relevantes.

M₁ foi além do pedido, e elaborou três questões:

1. *Sabendo que o resistor ôhmico pode ser estudado comparando-o com o conceito da Lei de Ohm com a função afim, o resistor não-ôhmico poderia ser estudado comparando a alguma função? Se sim, qual? Justifique!*
2. *Como estimular a gênese instrumental dos estudantes do ensino médio?*
3. *Além da matemática, qual(is) outra(s) disciplina(s) do ensino médio, poderiam participar da OI? E em que ano seria mais adequado?*

A questão 1 foi elaborada a partir de uma temática específica do texto, do capítulo *Conceitos Básicos de Elétrica*. M₁ demonstra ter compreendido o conceito de resistor ôhmico e como pode ser relacionado ao conceito de função afim. Ademais, demonstra curiosidade e interesse em como pode estabelecer outras conexões entre conteúdos de eletroeletrônica e funções matemáticas.

Em relação à maneira que formulou a questão 2, M₁ deixa dúvidas se compreendeu que a gênese instrumental é um processo. A pergunta seria melhor colocada da seguinte forma: *como favorecer/fomentar o processo de gênese instrumental dos estudantes do ensino médio?* Ainda que aparentemente não tenha compreendido bem o conceito, esta questão articula elementos do texto com a prática, e sua resposta exige uma reflexão e interpretação do que foi discutido na OI_p e o que foi lido no documento, o que indica que M₁ refletiu a respeito do assunto.

No que concerne à maneira de formular a pergunta 3, M₁ mais uma vez deixa dúvidas se realmente compreendeu bem o conceito, desta vez de orquestração instrumental. Uma maneira mais adequada de colocar a pergunta, seria: *é possível utilizar o Modelo da OI no ensino de outras disciplinas do ensino médio, além da matemática?* Ou ainda: *é possível elaborar OI voltadas ao ensino de outras disciplinas do ensino médio, além da matemática? Em qual ano escolar seria mais adequado?* Assim como na pergunta 2, aqui M₁ articula elementos do texto com sua prática.

Já M₄ elaborou as seguintes questões:

1. *A analogia feita em relação a uma “orquestra” em que o professor é o “maestro” e os alunos são os “músicos” implica na necessidade de um certo domínio do docente de matemática em relação à disciplina técnica, e vice-versa. Para isso seria necessária uma maior interação entre os profissionais dessas áreas. Desde o treinamento dos professores de matemática, perpassando pelo planejamento das aulas, até a situação didática conhecida como avaliação. Você acha que os profissionais estão preparados para isso? Se não, o que fazer para chegarmos a esse nível de interação?*
2. *Sabemos que alguns conteúdos de Matemática não são lecionados no mesmo ano letivo no qual seria utilizado na disciplina técnica. Como ficaria o modelo da Orquestração Instrumental nesse caso? Já que, na minha opinião, a melhor forma de trabalhar esse modelo seria de modo concomitante, ou pelo menos, no mesmo ano letivo.*

Na primeira questão, M₄ articula elementos do texto com a prática docente. Demonstra ter compreendido que para os professores serem capazes de elaborar uma orquestração instrumental interdisciplinar, precisam adquirir conhecimentos além da sua área, e faz uma reflexão sobre o que seria necessário, na prática, para alcançar esse objetivo. Pensando na sua realidade profissional, ao relatar a necessidade de uma maior interação entre os profissionais das diferentes áreas, traz a discussão do que pode ser feito para contribuir com essa comunicação entre os docentes. Com esta pergunta, M₄ aparenta ter lido e refletido sobre o texto, demonstrando um real interesse em aplicar o que está vivenciando na formação (a qual ele se referiu como treinamento) em sua prática.

Na segunda questão formulada, mais uma vez M₄ mostra uma preocupação em como utilizar os conhecimentos adquiridos na formação em sua prática docente. Reflete sobre um tópico abordado na seção *O contexto da Educação Profissional* do webdoc interdisciplinar, no capítulo referente ao Modelo da Orquestração Instrumental: o momento em que os conteúdos matemáticos são estudados na matemática e nas disciplinas técnicas. M₄ traz a reflexão de como a integração entre as disciplinas pode ser feita quando os conteúdos matemáticos não são trabalhados no mesmo ano em ambas.

E₁ elaborou as seguintes questões:

1. *Em relação ao uso dos artefatos (por exemplo quanto ao Multímetro e sua aplicação no estudo da lei de Ohm), e considerando que a **instrumentação** resulta na maneira pela qual o indivíduo utiliza ou integra o artefato em sua prática, pode-se dizer que isto também ocorre quando da consulta de documentos auxiliares que versam sobre o artefato ou quando constata/conclui sobre limitações?*
2. *Na prática profissional e na educação científico-tecnológica, é comum observar, mesmo após a compreensão dos preceitos básicos, técnicas e formas de uso (instrumentalização), que os indivíduos estejam acessando outros artefatos com características semelhantes, porém com especificidades de aplicação ou consulta a regras prévias fundamentais para aplicá-lo em determinada situação.*

3. *O reconhecimento das restrições/cenários proibitivos (elencados) é instrumentação ou instrumentalização? É possível analisá-los de forma separada neste contexto? Como relacionar este aspecto para caracterizar um sujeito como mais ou menos experiente?*

Na primeira questão o docente reflete sobre o processo de instrumentação de um usuário ao estudar, por iniciativa própria, a teoria referente ao uso do artefato. Questiona se o fato de consultar um documento auxiliar que versa sobre o artefato, como um site ou um manual, pode ser considerado parte deste processo. Esta pergunta envolve conceitos abordados no webdoc interdisciplinar no capítulo sobre Gênese Instrumental em articulação ao uso de artefatos relativos à área de eletroeletrônica. A utilização de artefatos deste tipo, como o multímetro, normalmente envolve a consulta de documentos referentes ao seu uso, logo trata-se de uma reflexão esperada de alguém que está familiarizado com este uso, alguém que lida com o artefato e conhece bem suas funcionalidades. Ao mesmo tempo, E₁ mostra compreender bem os processos relativos à gênese instrumental, ao citar a constatação/conclusão feita pelo usuário a respeito das limitações do artefato.

A segunda questão formulada por E₁ também é referente aos processos de instrumentação e instrumentalização de usuários de artefatos da área de eletroeletrônica, e assim como a primeira, é esperada de alguém que domine o uso de tais artefatos. O docente relata práticas comuns ao referido contexto profissional e reflete sobre até que ponto tais processos (instrumentação e instrumentalização) podem ser analisados separadamente e como isto diz sobre o nível de experiência do usuário quanto ao artefato. Em ambas as questões, E₁ articula temas tratados no webdoc a especificidades de sua prática docente, demonstrando muito conhecimento nas áreas.

6.3.4 Performance didática da OI₃

A implementação da OI₃ ocorreu no dia planejado, com todos os sujeitos participantes presentes. Seu tempo de duração total foi de 2 horas e 30 minutos. Inicialmente, F havia planejado que durasse 3 horas, mas como cedeu o tempo inicial para que E₁ concluísse as discussões da OI_p, precisou reduzir o tempo de duração. Embora o momento de conclusão das atividades da OI_p tenha excedido o tempo pensado inicialmente, como previsto, a vivência da OI₃ foi estendida por mais 40 minutos, sendo concluídas as discussões. Em uma sala do *Google Meet* criada por F, conforme combinado, o encontro foi gravado pela formadora.

Constatou-se que o objetivo de discutir o Modelo da OI numa perspectiva interdisciplinar no contexto do ensino técnico – em articulação com a vivência da OI_p e a leitura

do *webdoc* interdisciplinar – foi alcançado. Todos os tópicos antecipados por F foram discutidos, guiados pela apresentação de slides compartilhada com os demais.

A formadora iniciou o diálogo apresentando os objetivos pretendidos com a orquestração instrumental, assim como as perguntas feitas pelos participantes relativas à leitura do *webdoc*, explicando que seriam discutidas conforme os tópicos surgissem. Ao ler a primeira pergunta feita por M₁, F pediu que E₁ a respondesse, uma vez que se tratava da relação entre conteúdos matemáticos e técnicos (ver questão na Seção 6.5.2.9). O professor de eletroeletrônica explicou que resistores não-ôhmicos podem ser associados, também, a funções exponenciais. Acrescentou que outros conteúdos podem ser associados à função quadrática, como a própria potência elétrica, e também que outros componentes, como o diodo, podem apresentar um comportamento exponencial ou até linear, se for analisado por partes.

Após estas explicações, F discorreu sobre a definição de OI, de Trouche, e apresentou a definição de OI interdisciplinar. Explicou no que consiste a analogia do modelo, e discutiu detalhadamente cada um de seus pressupostos teóricos – os conceitos de situação e esquemas, noções de artefato e instrumento, processos de instrumentação e instrumentalização, gênese instrumental – sempre usando exemplos da vivência da OI_p, também utilizados no *webdoc* interdisciplinar.

Após apresentar algumas definições para o conceito de situação, F aprofundou as discussões a respeito dos requisitos para a escolha da situação de ensino, base para o planejamento de uma orquestração instrumental, já pensando na etapa de construção da OI interdisciplinar que integra a situação a ser proposta na OI₄. Neste momento, ela ressalta a importância de que os objetivos a serem considerados sejam os de aprendizagem, e de o professor levar em conta, também, a realidade e contexto dos seus alunos. E₁, então, relata como essa questão influencia na quantidade de tópicos a serem trabalhados anualmente na disciplina técnica de Fundamentos de Eletroeletrônica, cursada no 1º ano. O docente afirma que essa variação se deve ao conhecimento matemático prévio dos alunos, que dita o ritmo seguido pelo professor da disciplina.

F também ressalta o aspecto interdisciplinar relativo a uma situação técnico-matemática, destacando a necessidade de os objetivos de ambas as disciplinas serem contemplados, e de como a estrutura da instituição influencia a configuração didática a ser planejada, uma vez que a disponibilidade de laboratórios, artefatos e espaços (especialmente referentes ao curso profissional) é considerada nesta etapa. Mais uma vez, E₁ reitera que isto impacta diretamente nos processos de instrumentação e instrumentalização dos alunos quanto aos artefatos técnicos profissionais, e F complementa:

F: Com certeza isso faz muita diferença em como você vai planejar. Se eu tenho um multímetro disponível para cada aluno, ou se eu tenho que fazer trios para utilizar um multímetro, isso vai fazer toda a diferença na maneira que você vai planejar a orquestração instrumental, e em como os estudantes vão se instrumentalizar e instrumentar. Como você disse anteriormente, nesta atual realidade de aulas remotas, em que eles estão com o artefato em casa, já faz muita diferença. Porque em vez de ter uma hora e meia para explorar o artefato, eles têm o dia inteiro, se eles quiserem ficar lá mexendo, para tentar conhecer as funcionalidades.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Então, a formadora destaca que são os objetivos de aprendizagem que devem guiar a escolha dos artefatos a serem disponibilizados, e não o inverso, e também ratifica a importância de uma comunicação efetiva entre os profissionais de ambas as áreas no caso de uma situação interdisciplinar relativa ao ensino técnico. E para exemplificar todos os pontos discutidos, expõe o passo a passo de como foi feita a elaboração da situação técnico-matemática proposta na OI_p, explicando cada aspecto que foi considerado neste processo, especialmente o fato de a situação ter sido construída pelos profissionais de ambas as áreas: F, de matemática, e E₁, de eletroeletrônica.

Antes de introduzir o diálogo a respeito do conceito de esquemas, F questiona se os participantes estão acompanhando as explicações e se desejam fazer alguma consideração. Todos afirmam estar compreendendo bem, e M₄ relata sua preocupação com a questão, mencionada por F, da necessidade de comunicação e colaboração entre professores de ambas as áreas. O docente afirma que sua preocupação ao elaborar as perguntas solicitadas após a leitura do webdoc (Seção 2.5.2.6) era relativa à interdisciplinaridade desse trabalho em conjunto, e não ao conteúdo em si:

M₄: Minha preocupação na elaboração dessas perguntas não era nem a questão do conteúdo em si que está sendo trabalhado, e sim a interdisciplinaridade desse trabalho em conjunto. Porque no Modelo da Orquestração Instrumental fica bem claro que nós devemos seguir o papel do professor e o papel do aluno. Mas existem alguns entraves no dia-a-dia em relação a isso. Justamente a questão que você fala do perfil do professor, primeiro, de ter que procurar se adequar à situação. Porque, por exemplo, aí eu vou deixar de ser só um professor de matemática que chega e explica o conteúdo, para ser um aprendiz de outras disciplinas, de disciplinas técnicas. Então eu vou ter que ter essa disposição para fazer isso, para que na hora que eu vá aplicar o conceito numa aula, aquele conceito não seja banalizado.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Nesta fala M₄ chama atenção para a disposição que o professor precisa para adotar a interdisciplinaridade em suas aulas. Reconhece o local de aprendiz do docente para que se capacite a relacionar a disciplina que leciona, neste caso a matemática, a outras áreas do

conhecimento. Esta questão é de fundamental importância, pois o professor precisa, de fato, disponibilizar tempo e energia em sua formação. M₄ continua seu relato, agora deixando claro o que a interdisciplinaridade significa para ele, nesse contexto do ensino técnico:

M₄: Porque eu sempre penso na seguinte situação: para que meu aluno entenda o conteúdo que eu estou ensinando ao ponto de, quando ele chegar, por exemplo, numa aula como essa de E₁, ele consiga, através do que foi visto em matemática, entender como ele pode resolver uma determinada situação que já não é mais, vamos dizer assim, numa área de matemática, mas ele aplicar aqueles conceitos para resolver problemas em uma outra disciplina. Aí eu entendo que a partir daí ele compreendeu realmente como é que a coisa funciona. (...) Se o aluno não conseguir associar e ver que é a mesma coisa, só que com visões diferentes, até por causa das disciplinas, mas que é o mesmo foco, o mesmo conteúdo. Só que na matemática você vê o trabalho da ferramenta, o professor de matemática ensina a ferramenta. E o professor da técnica vai mostrar: 'você aprendeu essa ferramenta aqui, agora nós vamos aplicar essa ferramenta nessa minha disciplina'. E aí quando o aluno tem esse certo domínio de entender que o que ele viu em matemática é a mesma coisa que ele está aplicando na aula da técnica, que ele vai começar a usar os recursos da matemática pra isso, aí eu vejo um pouco de interdisciplinaridade. Mas eu fico preocupado quando eles dizem: 'olha, na aula técnica a gente viu algo parecido'. Poxa, algo parecido? Mas você entendeu que é o mesmo conceito? 'Não, não entendi'. Aí eu fico preocupado com isso, entendeu? Nesse contexto. A nossa preocupação de ter, muitas vezes, um distanciamento entre o conteúdo visto numa aula prática com o mesmo conteúdo visto numa aula teórica.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Neste momento, M₄ aparenta entender que a interdisciplinaridade é alcançada quando o aluno consegue aplicar um conteúdo aprendido na matemática na disciplina técnica, conscientemente. Para ele, na matemática se aprende 'como fazer', similar a uma ferramenta, e na disciplina técnica ele vai utilizar esta ferramenta para resolver algum problema do contexto profissional. E quando o aluno compreende, de fato, a relação entre a ferramenta e sua aplicação, e não simplesmente tem a impressão de similaridade ou familiaridade, existe interdisciplinaridade.

Esta fala do docente chama atenção para o conceito de interdisciplinaridade, discutido na Seção 2.1. No próprio Projeto Pedagógico da Instituição, a interdisciplinaridade é tratada como todo conhecimento que é *construído* em conexão com outros conhecimentos que se completam. A ideia é que o conteúdo matemático possa ser apresentado/introduzido em um contexto do curso profissional, para que o aluno possa construir, de fato, esse conhecimento de forma a efetivar a conexão. Mas para M₄, em sua colocação, a interdisciplinaridade é alcançada se o aluno consegue fazer a associação ao trabalhar a temática na disciplina profissional que demanda o conteúdo matemático. Neste contexto, o professor de matemática ainda introduziria

o conteúdo matemático de forma isolada, apenas como uma ferramenta que vai servir em alguma aplicação.

F responde explicando que esta separação está presente na própria fala de M₄. Ela discorre sobre o que é entendido como interdisciplinaridade, neste contexto, e dá alguns exemplos de conteúdos que poderiam ser abordados de maneira similar nas duas áreas. Mas essa colocação de M₄ deixa claro que este tema - interdisciplinaridade - não foi discutido na formação, e deveria ter sido, pois é de fundamental importância para garantir que o professor consiga visualizar esta integração de maneira efetiva, e para que seja capaz, inclusive, de elaborar uma OI, de fato, interdisciplinar.

A formadora, então, passa para a discussão a respeito do conceito de esquemas. Apresenta as definições de Vergnaud, e utiliza a situação técnico-matemática proposta na OI_p para identificar os esquemas mobilizados em sua resolução e analisar cada um de seus componentes, na intenção de facilitar o entendimento dos professores a respeito do assunto. Após sua explicação, E₁ comenta que destrincharia um dos subobjetivos, para dar mais destaque à ação e seus componentes, mostrando que não só domina o conteúdo técnico, mas também o conteúdo referente ao modelo utilizado.

F fala da relação entre situação e esquemas, e como a análise desta relação é o cerne para a gênese instrumental. Discorre sobre o tema discutindo os conceitos de artefato e instrumento utilizando elementos da vivência da OI_p como exemplos. Usa, especificamente, a experiência com o simulador virtual *phet* para falar dos processos de instrumentação e instrumentalização, fazendo uma análise da evolução do processo de gênese instrumental por meio de vídeos de um usuário mexendo no programa pela primeira vez e depois de instrumentalizado e instrumentado.

Ao perguntar se os participantes estão acompanhando/compreendendo bem os conceitos, todos respondem positivamente e F traz as perguntas elaboradas por E₁ (referentes ao webdoc) para discussão. A primeira questão indaga se a consulta a documentos auxiliares que versam sobre o artefato faz parte do processo de instrumentação. E₁ explica que ao elaborar esta pergunta, pensou na diferença entre as realidades de aula presencial e on-line (atual modalidade adotada, em 2021, devido à pandemia). Chamou atenção para, dentro da modalidade on-line, o tipo de aula assíncrona, em que é comum que os estudantes consultem sites, artigos ou outros materiais referentes ao uso do artefato, fazendo conclusões a respeito de suas potencialidades e limitações sem necessariamente manuseá-lo. Reflete sobre o aprendizado do estudante ao sair de um ambiente controlado pelo professor, por iniciativa própria, consultando documentos auxiliares que não foram sugeridos. Fala da extrapolação à

situação planejada pelo docente, que talvez deva pensar nesses elementos a mais ao considerar a gênese instrumental do aluno. E₁ afirma que a questão é mais uma reflexão, uma vez que ele acredita sim que isto faça parte do processo de instrumentação, mas que mereça uma atenção especial:

E₁: Talvez, para fins de diagnóstico global, seja importante no momento final buscar do sujeito quais foram os elementos que ele utilizou, fora do contexto que foi planejado, para se instrumentar, vamos dizer assim. (...) Considerar a possibilidade de pensar como cada sujeito vai se desenvolvendo, quais são esses outros recursos, ou qual é esse outro momento em que ele promove esse processo de instrumentalização e de instrumentação complementar ao que havia sido previsto. Isso pode, talvez, estruturar níveis de aprendizagem diferentes em relação a um certo conteúdo, a uma certa situação, talvez.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Esta é uma questão muito importante, especialmente no que concerne à adaptação de uma OI presencial para uma OI on-line (síncrona ou assíncrona) e muito pertinente para a MOI interdisciplinar, que sofreu esta adaptação em relação à primeira formação. Para fins de análise da performance didática de M₁ e M₄, quanto à utilização dos artefatos propostos, sugere que talvez fosse interessante criar um instrumento de verificação se houve essa consulta fora do momento síncrono com o formador.

Na segunda pergunta que elaborou, E₁ indaga inicialmente se é possível separar os processos de instrumentação e instrumentalização quando o sujeito reconhece as restrições do artefato, em termos de análise. A formadora discorre sobre o fato de os processos serem imbricados, ocorrerem de forma simultânea, dependente. Mas que ainda assim é interessante analisar cada uma das transformações sofridas: a do sujeito e a do artefato. Sobre a segunda parte da pergunta ‘Como relacionar este aspecto para caracterizar um sujeito como mais ou menos experiente?’, E₁ a reformula, por acreditar que não representou bem o que quis dizer. Refaz a pergunta da seguinte forma: ‘Que tipos de elementos podem ser projetados para que esse processo de instrumentalização torne o processo de aprendizagem mais efetivo?’. Ele mesmo responde:

E₁: Eu não trouxe o elemento manual para vocês. Mas o elemento manual talvez seja importante nesse processo para que haja uma maior autonomia e uma instrumentalização e instrumentação mais adequadas, dependendo do cenário em que seja projetado. Então é pensar no requisito.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Neste momento, E₁ mostra ter refletido sobre a gênese instrumental dos professores de matemática em relação à formação que conduziu da OI_p on-line, pensando em como poderia

melhorá-la a fim de favorecer esse processo. A formadora cita a questão do tipo de ligação que deve ser feita para conectar um amperímetro no circuito. Afirma que se o sujeito sabe como funciona no ambiente físico, com artefatos reais, provavelmente terá mais facilidade em compreender este funcionamento no ambiente virtual. E₁ complementa que isso impacta no próprio desenvolvimento do sujeito.

Para finalizar a discussão sobre o tópico, a formadora traz a segunda pergunta feita por M₁, que indaga como o professor pode contribuir com a gênese instrumental do aluno do ensino médio. Desta vez, por se preocupar com o tempo de duração da OI, a própria formadora responde à questão compartilhando suas reflexões com os demais colegas. Fala do papel do professor de proporcionar um ambiente que favoreça a aprendizagem do aluno, propondo uma situação adequada com grau de dificuldade consonante com a realidade dos alunos. Também menciona que as situações devem ser variadas, pois quanto maior a diversidade, mais esquemas os alunos vão mobilizar e desenvolver. Destaca que no ambiente interdisciplinar, em questão, a situação seria de natureza técnico-matemática, abordando conhecimentos de ambas as áreas de forma integrada e conectada. A formadora enfatiza, também, a importância da escolha dos artefatos técnicos, os quais devem contribuir para a resolução da situação técnico-matemática proposta. E complementa que, para ser capaz de proporcionar tudo a isso aos seus alunos, além de ser necessária uma colaboração entre professores de ambas as áreas – considerando o contexto interdisciplinar do ensino técnico –, o professor precisa de uma formação adequada, podendo o Modelo da OI contribuir nesse processo.

F, então, aproveita para iniciar a discussão a respeito do Modelo da OI, destacando seus três elementos – configuração didática, modo de execução e performance didática – e enfatiza que no contexto do ensino técnico eles devem ser pensados levando em conta a interdisciplinaridade almejada. Ela explica como se deu a caracterização de uma situação técnico-matemática, citando a metodologia do estudo inicial desta pesquisa. Em seguida, explica a definição de cada uma das etapas referentes ao planejamento de uma OI (configuração didática e modo de execução) explicitando as relativas à OI_p on-line. Depois, resume as etapas para a criação de uma OI interdisciplinar da seguinte forma (Quadro 14):

Quadro 15 – Etapas da criação de uma OI interdisciplinar

N.	ETAPAS DA CRIAÇÃO DE UMA OI INTERDISCIPLINAR
1	Definição dos objetivos matemáticos e técnicos, didáticos e tecnológicos (o que pretende ensinar, o que espera que o aluno aprenda) considerando o perfil do público alvo;
2	Criação da situação técnico-matemática (pensar em uma situação que envolva conhecimentos das duas disciplinas e cuja resolução envolva o uso de determinados artefatos);
3	Análise <i>a priori</i> da situação técnico-matemática (pensar nas diferentes formas de resolução que os estudantes podem revelar; os conhecimentos necessários para resolvê-la; as limitações e potencialidades dos artefatos a serem utilizados e como podem influenciar o desempenho dos alunos);
4	<p>Orquestração Instrumental (criar a configuração didática e o modo de execução). Estes devem dar suporte ao processo de resolução da situação técnico-matemática por parte do sujeito.</p> <p><u>Configuração didática:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Escolha da metodologia ou técnicas de ensino a serem utilizadas, adaptadas às tecnologias disponíveis (como será feita a inserção e integração dos artefatos técnicos profissionais, qual suporte será oferecido aos alunos: enunciado de um problema, auxílio no manuseio dos artefatos, se os professores das duas áreas darão a aula juntos ou separadamente em sua respectiva disciplina, etc.); - Definição da organização dos sujeitos participantes da orquestra (estrutura da sala de aula ou laboratório, disposição das cadeiras, trabalho individual ou coletivo, tempo de atividade, etc.); - Definição do papel dos professores de cada área e dos alunos (nível de interação com os alunos e com o ambiente, iniciativa) durante a vivência da OI. O professor assegurará a compreensão da situação técnico-matemática? Como? Ele garantirá diferentes níveis de conhecimento dos alunos sobre o ambiente digital? Como? - Estimativa de tempo de duração da orquestração instrumental <p><u>Modo de execução:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Previsão do desenrolar da OI, de eventos esperados e imprevistos que podem ocorrer, como proceder diante destes eventos - Quais são as diferentes maneiras que o(s) professor(es) pode(m) assumir suas funções? E os alunos? Como você prevê que aconteça?

Fonte: A autora (2021).

Depois fala sobre a etapa da performance didática e convida os participantes a analisarem a performance da OI_p vivenciada por eles. M₁ relata que acredita que os objetivos foram alcançados, mas que só poderia afirmar isso com certeza na prática, ao implementar o que aprendeu na formação. M₄ complementa concordando com o colega, afirmando que na prática os alunos possuem diversos níveis de conhecimento prévio, e que seria imprescindível um trabalho em parceria com o professor da área técnica, um trabalho interdisciplinar. Neste momento faz uma análise da formação, em geral. Também comenta sobre a analogia feita entre

a sala de aula e a uma banda de jazz (de Drijvers et al., ao justificar a necessidade da performance didática), afirmando que até para ser capaz de improvisar, o professor precisa de muito conhecimento. E finaliza sua fala afirmando que a formação foi adequada e satisfatória para que eles iniciem essa modificação na maneira de abordar os conteúdos matemáticos, considerando seu tempo de duração. Mas que o trabalho não é simples, é minucioso e gradual, que precisa de, no mínimo, um professor de cada área envolvida, e que a interdisciplinaridade deve começar desde o planejamento, como foi já constatado. Ambos os professores de matemática pensam na performance didática da formação como um todo, até aquele momento, e acreditam que apenas com a implementação do produto que será construído na OI₄ podem avaliar, de fato, seus aprendizados.

Já E₁ analisa a performance didática da OI_p, como proposto, afirmando que o resultado está próximo do que foi planejado, e que os imprevistos fizeram com que os participantes fossem debatendo, ajustando, explicando, fazendo correlações com outros cenários que são importantes quando se está aprendendo a Lei de Ohm e as Leis de Kirchhoff. O docente afirma acreditar que os objetivos traçados foram alcançados, e que ao longo do processo eles foram aprendendo e reaprendendo outras coisas.

Então F faz as suas análises da performance didática da OI_p (Seção 6.5.1.5), destacando o que ocorreu conforme planejado; os imprevistos; as decisões e reações *ad hoc*; o que poderia ser melhorado. M₄, então, relata que achou positiva a tarefa 6 ter ficado como exercício assíncrono, ainda que esta tenha sido uma decisão *ad hoc* de F por extrapolação de tempo da OI_p. Afirmou que neste momento ele relembrou os conceitos estudados, realizou testes no simulador virtual. Com isto, a formadora constata que, além da leitura do *webdoc* após a vivência da OI_p, seria interessante propor uma tarefa aos professores de matemática com utilização do simulador virtual, similar à situação técnico-matemática apresentada, antes da implementação da OI₃.

Após mais algumas análises, F apresenta os critérios que utilizou para fazer a análise da performance didática dos participantes na OI_p on-line (Quadro 11), explica cada uma das categorias e questiona sobre como os docentes (especialmente M₁ e M₄) iriam avaliar seus desempenhos. Mais uma vez, M₁ é o primeiro a fazer sua análise:

M₁: Eu gostei do meu aprendizado, mas eu sinto, do meu ponto de vista, que precisaria dar uma aperfeiçoada (e grande) na parte dos técnicos. Porque, por exemplo, eu já tinha ouvido falar em resistor, amperímetro, etc.. Mas no começo eu até me atrapalhei para o que cada um servia. A pessoa pensa: ah, é fácil, isso aqui eu sei, eu já vi, já li sobre isso. Mas me atrapalhei no começo. A parte que eu consegui fazer tranquilamente, lógico, foi a parte dos cálculos. E querendo ou não,

a pessoa ainda fica pensando: ‘será que está certo mesmo? Será que é assim mesmo? Será que eu estou fazendo alguma coisa errada?’ E sempre fica surgindo aquela comparação com a matemática. Por exemplo, hoje mesmo eu falei com E₁ que não estava conseguindo botar um número negativo no simulador. Mas ao mesmo tempo, pensei: ‘não, no caso para representar o negativo aqui nesse esquema basta inverter a posição da pilha, inverter o módulo’. Ou seja, são coisas assim que acredito que sejam fáceis de compreender, mas é minha deficiência atual, nessa situação. A parte técnica em si, é isso. O aprendizado geral, o meu, eu avalio como bom. Mas é um ‘bom’ precisando melhorar, entende? Principalmente nessa parte.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Em sua fala, M₁ assume ainda não se sentir seguro em relação aos conceitos técnicos, especialmente quando são refletidos na utilização do artefato (neste caso, o simulador virtual). Relata que embora esteja compreendendo as explicações, sente muita insegurança, inclusive, em relação a suas interpretações, questiona se estão mesmo corretas. Julga que se trata de uma deficiência sua, e conclui que apesar de ter tido um bom aprendizado, precisa melhorar.

Mais uma vez M₄ concorda com o colega, complementando que para implementar esta interdisciplinaridade em suas aulas precisaria desse trabalho colaborativo com o profissional da área técnica, além de mais tempo de formação:

M₄: Eu penso da mesma forma que M₁. Até comentei sobre uma dificuldade minha em nomear algumas coisas, mas é pela falta de contato mesmo. A partir do momento que nós temos um treinamento mais prolongado, mais... como é que a gente pode dizer? ‘Ah, vou fazer um curso para poder aplicar nas minhas aulas’. Eu acredito que, por exemplo, para eu me sentir à vontade na aula de função afim, função linear, em usar esses recursos, preciso de um trabalho simultâneo ou concomitante com o profissional da área técnica, para que ele possa me auxiliar. Para eu me sentir seguro na aula, precisaria de mais tempo para me familiarizar, para ter um certo domínio daquilo ali, para poder passar aos meus alunos.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Reitera que a formação está sendo muito positiva considerando seu tempo de duração, e que se sentiria mais seguro em utilizar os artefatos em sua versão virtual, uma vez que apresentou menor dificuldade no manuseio nesta modalidade. Ratifica que, para a modalidade presencial, precisaria de mais familiaridade com os artefatos, mais tempo de formação:

M₄: Mas assim, eu acredito que diante do que está sendo proposto – porque o que nós estamos fazendo aqui é um curso de três encontros síncronos, de três horas cada, vamos dizer assim – eu acho que está bem além do que eu pensei. Porque assim, esse material, esse recurso que nós temos aí para a aula on-line, ele é mais fácil de ser manuseado. Confesso que naquele momento prático que tivemos no laboratório, eu senti um pouco mais de dificuldade. (...) Esse modelo apresentado até agora nessas duas semanas, esse modelo on-line, torna as coisas mais práticas. Eu senti isso. Então, para uma vivência no retorno presencial, fazer uma vivência

dessa, eu acredito que a gente precisaria de mais tempo, justamente para isso que M₁ falou, para você ir se familiarizando e se sentindo mais seguro, para que você possa pensar: 'eu vou implementar isso nas minhas aulas de função, a função do 1º grau'.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

M₄ finaliza sua análise demonstrando muito interesse em estabelecer conexões entre a matemática e outras aplicações profissionais no futuro, e reflete se seria utópico pensar que um dia a referida instituição de ensino técnico – a qual promove a interação entre conhecimento teórico e prático – ofertará um ensino integrado, de fato, interdisciplinar:

M₄: Como E₁ falou, existem aplicações até na função quadrática, né. E seria muito interessante para a área de funções. E apesar de ter muitas aplicações, é muito carente você associar a algo mais prático, para que o aluno possa ver, conseguir enxergar a praticidade da questão das funções e tal. (...) E só complementando, eu sempre penso 'poxa, eu gosto muito, sou muito teórico na matemática'. Mas eu penso que nós trabalhamos numa instituição que promove essa interação entre conhecimento teórico e prático, pelo menos em tese, e às vezes eu me questiono se eu estou sendo muito sonhador. Mas a gente tem que sonhar, né? E pensar assim, um dia, quem sabe, nos IFs mesmo, a gente tenha um centro de tecnologia em que as aulas de matemática e de física sejam aplicadas a conhecimentos tecnológicos, e exista uma parceria de professores de uma área com professores de outra área. E o aluno aprender um conceito matemático dentro de um laboratório de eletroeletrônica? Isso é fantástico! Talvez seja meio utópico, mas fantástico.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Em suas análises, E₁ afirma que reflete bastante sobre essa integração em sua prática, que enfatiza este aspecto ao longo da vivência das disciplinas:

E₁: A gente reflete muito isso aí, essa integração, ela está se estabelecendo. Está ocorrendo uma aprendizagem em relação a esse conteúdo. Mas eu sempre enfatizei ao longo das disciplinas, enfim, em diversos momentos, que isso se expande muito. A parte conceitual vinculada a outros conhecimentos, à trigonometria, conceitos de área, perímetro. Isso aí está dentro das especificações para a formação de técnico em eletroeletrônica.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Quanto ao relato dos colegas, E₁ concorda utilizando como exemplo o tempo que seus alunos levam para se familiarizar com o vocabulário técnico e com os artefatos. Também traz a reflexão a respeito das relações que são estabelecidas entre as áreas, de como pode ser feita a abordagem dos conteúdos a fim de favorecer esta conexão:

E₁: Em relação ao conteúdo técnico, é importante essa reflexão quanto ao tempo de contato, também, o tempo de amadurecimento. Eu percebo que às vezes os alunos regularmente demoram 3, 4 semanas, até mais tempo para se habituar com o vocabulário, que eu acho que é algo que ficou marcado aí na fala de M₄. O

vocabulário técnico precisa de um tempo de amadurecimento, para que o sujeito possa ir se apropriando de maneira adequada, se ambientando, sabendo utilizá-lo. E deve-se pensar além desse vocabulário técnico específico, esse vocabulário da interface. Eu acho que é importante pensar que há necessidade, nesse processo de especificação, do conteúdo técnico e das relações com a matemática, de deixar claro essas especificidades, como às vezes um termo pode ser utilizado de maneira diferente nessas duas abordagens, ou como o conceito deve ser abordado para evitar que haja um pensamento que provoque significados diferentes. Então eu acho que isso é uma reflexão que ficou pra mim em relação a essa nossa interação.
(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Finalizando suas reflexões, E₁ fala sobre o uso do modelo da OI no contexto interdisciplinar, em como a escolha dos artefatos, em termos de integração, pode impactar a aprendizagem dos alunos. O docente questiona como poderiam ser identificados os melhores artefatos para auxiliar na resolução de uma situação interdisciplinar:

E₁: Outro aspecto se refere ao próprio modelo nesse contexto interdisciplinar. Ficou aí como uma dúvida mesmo, algo que talvez seja para amadurecer mais à frente. Quais seriam os impactos em relação a uma situação-problema quando você muda o conjunto de artefatos e essa estruturação em relação ao instrumento? Se eu tenho um conteúdo a ensinar, e eu trabalho com artefatos diferentes, qual é o impacto disso? Eu vi muitos artigos durante meus estudos do doutoramento em que se falava muito sobre aspectos de motivação, sobre formas diferentes de abordagem, às vezes vantagens e desvantagens de um ou de outro, mas não nesse contexto de integração. Então se você vislumbra uma integração e tem uma ação que você poderia, por exemplo, dividir uma turma, ou um conjunto de sujeitos em dois conjuntos, trabalhar com artefatos diferentes, na mesma situação-problema, visualizando a aprendizagem dos mesmos conceitos e lei, qual o impacto dessa alteração em relação aos artefatos escolhidos na aprendizagem desses sujeitos? E até pensar no sentido reverso: para a aprendizagem desse conteúdo, dessa ação, quais são os melhores artefatos que podem auxiliar nessa construção, instrumentação e instrumentalização? Enfim, são muitas reflexões. Eu estou aprendendo e ao mesmo tempo tendo várias dúvidas, e quem sabe mais na frente a gente vai sanando parte dessas dúvidas.

(Trecho da transcrição da OI₃, 2021).

Após esses depoimentos, F traz as questões restantes referentes ao webdoc. Ambas as perguntas elaboradas por M₄ refletem sua preocupação com a forma que a comunicação entre os profissionais das duas áreas, matemática e técnica, pode ser feita. Na primeira, como já havia sido antecipado pelo docente ao discutir o conceito de situação, ele indaga se os profissionais estão preparados para essa ter esse tipo de interação e o que poderia ser feito para favorecê-la. F reitera a necessidade de uma modificação de âmbito institucional, começando por uma reelaboração do projeto pedagógico do curso feita pelos professores de ambas as áreas, em conjunto, além de formações continuadas e capacitações para estes profissionais.

Em sua segunda pergunta, M_4 questiona como o modelo da OI poderia dar suporte no caso de conteúdos matemáticos que não são vistos concomitantemente nas duas disciplinas, uma vez que ele acredita que a forma mais viável de realizar essa integração é quando são trabalhados simultaneamente em ambas as áreas. A formadora explica que o modelo vai se moldar aos objetivos de quem elabora a orquestração instrumental, e que é possível, sim, realizar esta integração, ainda que os conteúdos sejam vistos em momentos diferentes. F dá alguns exemplos e menciona o artigo que produziu a respeito do assunto (MORAIS; GITIRANA, 2022).

E quanto à última questão feita por M_1 , que diz respeito à possibilidade de utilização do Modelo da OI em outras disciplinas do ensino médio, F relata que embora o modelo tenha sido desenvolvido pensando na matemática, seu uso já está sendo ampliado para atuação em outros contextos, como na formação de professores (LUCENA, 2018) ou no próprio contexto interdisciplinar, que envolve outra área além da matemática. A formadora fala um pouco sobre o Modelo da MOI e as adaptações feitas para chegar a uma MOI interdisciplinar, explicando o design apresentado no webdoc com detalhamento de cada uma das OI interdisciplinares que compõem a formação. E então, finaliza o encontro explicando brevemente como se dará a implementação da OI_4 , na semana seguinte, e agradecendo a participação de todos.

Em relação à primeira formação interdisciplinar, no caso a OI_2 – quando houve a apresentação do modelo da OI –, constatou-se uma evolução a respeito da ênfase no caráter interdisciplinar em que o modelo foi discutido, além de uma maior interação e participação dos docentes. F proporcionou mais espaços de fala aos professores, e desta vez E_1 estava presente, fazendo ricas contribuições, uma vez que já apresentava muito conhecimento a respeito da teoria. Entretanto, algumas opiniões expressas por M_1 e M_4 apontaram a necessidade de um maior debate a respeito do tema interdisciplinaridade.

Quanto às discussões a respeito dos fundamentos teóricos do modelo, os docentes aparentemente apresentaram um entendimento razoável, o que em alguns momentos atribuíram à leitura do webdoc, relatando que este formato de texto facilitou bastante sua compreensão. Ademais, o fato de o documento ter sido lido após a vivência da OI_p mostrou favorecer a compreensão dos docentes, uma vez que relacionou a teoria à prática vivenciada por eles.

6.3.5 Performance didática da OI_4

Para a performance didática da OI_4 , utilizamos como critério a análise do planejamento da OI criada pela equipe interdisciplinar (descrito no Apêndice G) com foco na gênese instrumental de cada um dos seus componentes (E_1 , M_1 e M_4). Inicialmente relataremos como

se deu a evolução da elaboração da orquestração instrumental, ressaltando os aspectos mais relevantes, para depois analisar cada um dos tópicos elencados na seção anterior.

A implementação da OI₄ não aconteceu no dia planejado inicialmente, devido a recorrentes imprevistos dos seus participantes. Uma vez que era de fundamental importância a presença de toda a equipe interdisciplinar, a formadora optou por adiar para uma data em que todos estivessem disponíveis. Para isso, resolveu criar um grupo no *whatsapp* com todos os participantes para facilitar a comunicação simultânea e a interação entre eles. Após duas remarcações, o encontro ocorreu 17 dias depois do previsto. A decisão *ad hoc* de criar o grupo no *whatsapp* se mostrou bastante positiva não só para a remarcação do encontro, mas principalmente no favorecimento da comunicação simultânea de todos os envolvidos na formação, o que teria sido útil em vários momentos das fases iniciais.

Da mesma forma que na OI_p, o tempo de duração programado para a OI foi insuficiente, sendo necessária a marcação de um novo encontro síncrono para finalizar as discussões, que desta vez ocorreu no mesmo dia. A duração total da vivência foi de 5 horas e 35 minutos, sendo 3h18min no turno da manhã e 2h17min no turno da tarde, o que aponta a necessidade de adaptar o planejamento para um maior tempo de implementação desta OI.

No primeiro momento, que durou 30 minutos, a formadora apresenta os objetivos pretendidos com a orquestração instrumental; os resultados do estudo inicial desta pesquisa (Seção 4.1); e a situação de formação (Seção 6.5.4.2) a ser resolvida pela equipe interdisciplinar, com as devidas instruções. Após a explanação dos conteúdos matemáticos demandados nas disciplinas técnicas do 1º ano (Quadro 2), E₁ explica a estratégia que adota quando precisa trabalhar os conteúdos de matrizes, determinantes e sistemas lineares, os quais são estudados pelos alunos na matemática apenas no 2º ano:

E₁: A gente até, de certa forma, evita tratar matricialmente, ou com o uso de conhecimentos vinculados a determinados conteúdos no primeiro ano. E dá preferência a sistemas lineares, em virtude, talvez, do saber matemático necessário, que a gente considera mais complexo. Quando a gente está montando algumas equações, algumas funções, alguns alunos já estão habituados com essa maneira, essa forma matemática de lidar com alguns problemas. Aí a gente faz a abordagem, por exemplo, quando estende as Leis de Kirchhoff, que vai demandar às vezes duas/três equações, com duas/três incógnitas para resolução. A gente parte para sistemas lineares e nem fala de matrizes e determinantes, em virtude dessa dificuldade que a gente encontrou ao longo do tempo, de eles compreenderem conceitualmente bem para depois entenderem o conhecimento aplicado. Então a gente precisa do conhecimento de matrizes e determinantes, mas já partimos para o de sistemas lineares porque a gente considera que há um tempo considerável para essa aprendizagem, que não conseguimos abarcar, muitas vezes.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Nesta fala, o docente traz à tona uma dificuldade frequentemente enfrentada pelos professores da área técnica ao emergirem em suas disciplinas conteúdos matemáticos ainda não apresentados aos estudantes, o que muitas vezes é uma realidade desconhecida ao professor de matemática. F, então, debate possíveis soluções para minimizar o problema, como uma reformulação da ementa de cada curso, considerando suas particularidades. M₁ participa da discussão elencando alguns aspectos institucionais que contribuem para esse entrave e dificultam a reformulação, fomentando o diálogo.

Na sequência, F apresenta os demais resultados do estudo e explica cada uma das propostas interdisciplinares elaboradas (Quadro 4) de forma resumida, buscando não se alongar nas discussões para deixar o máximo de tempo destinado à resolução da situação. Então apresenta a situação dando as seguintes instruções:

- *A OI **interdisciplinar** deve ser pensada para ser vivenciada em uma das disciplinas (matemática ou técnica) ou em um momento conjunto, devendo contemplar os objetivos de ambas as áreas.*
- *A OI deve ser planejada para trabalhar conteúdos matemáticos e técnicos discutidos na OI_p, assim como artefatos utilizados (na versão on-line, física, ou uma combinação de ambas).*
- *Os elementos da OI devem ser especificados o mais detalhadamente possível: os objetivos pretendidos; a situação proposta; a configuração didática (a gestão de artefatos, pessoas, tempo); o modo de execução; os possíveis eventos e como pretendem reagir; e o que mais acharem relevante.*
- *Durante todo o momento de produção, a formadora pode ser consultada quando necessário, e a equipe também pode consultar o conteúdo que achar pertinente (na internet ou em outras fontes);*
- *Ao concluir a atividade, a equipe deve apresentar a orquestração instrumental construída à formadora da forma que preferir (apenas oralmente, com apoio de slides, etc.). Também deve enviar por e-mail o arquivo com a OI interdisciplinar elaborada.*

Por fim, a formadora relembra aos participantes as etapas de criação de uma OI interdisciplinar (Quadro 14), apresentadas e discutidas na implementação da OI₃, compartilha os slides (com instruções e as etapas) e ratifica que estará disponível caso precisem dela.

Na sequência, E₁ dá início ao diálogo com os colegas compartilhando as ideias já pensadas por ele para a OI interdisciplinar. De maneira geral, é ele quem guia os debates e cada passo de elaboração da OI, faz as perguntas aos colegas, toma iniciativa para registrar e direcionar o que está sendo discutido, assumindo o papel de protagonista neste processo, assim como foi previsto.

E₁ começa o planejamento a partir da definição da carga horária da OI interdisciplinar. O docente afirma pensar que a carga horária semanal da disciplina de Matemática I – 3

horas/aula (equivalentes a 2 horas e 15 minutos) semanais – seja insuficiente para realizar um trabalho interdisciplinar, e sugere que contem também com as 3 aulas relativas à disciplina de Fundamentos de Eletrônica, totalizando 6 horas/aula. Os demais concordam, e M₄ expõe sua dúvida que evidencia, mais uma vez, sua incerteza em relação ao que seria uma aula interdisciplinar, nesse contexto:

M₄: A gente tem que pensar em introduzir um conteúdo que será aplicado depois numa aula prática, não é isso? Porque se a gente trabalha o conteúdo de funções lineares e funções afins, por exemplo, e a gente vai aplicar numa aula prática com o professor E₁, então essa aula prática poderia ser uma extensão da nossa aula teórica. A gente também poderia pensar dessa forma, eu não sei se é isso que vocês têm em mente também. Porque eu fiquei pensando em o aluno chegar na aula prática já tendo domínio do conteúdo. Ou essa prática seria um meio para aprimorar o conhecimento dele em cima do conteúdo que a gente está trabalhando? Fiquei com essa dúvida, não sei o que vocês pensam sobre isso.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Nas duas situações imaginadas por ele, o aluno primeiro aprenderia o conteúdo matemático, sem conexão com o técnico, para depois utilizar este conteúdo no contexto profissional, como uma aplicação. Sua dúvida era relativa à intenção: se o conteúdo matemático serviria de base para que o aluno entendesse a prática, ou a prática serviria para consolidar o aprendizado referente ao conteúdo matemático. Em nenhum dos casos ele consegue visualizar uma abordagem interdisciplinar, que contemplasse ambas as áreas. Já E₁, por sua vez, mostra ter a ideia de interdisciplinaridade já bem consolidada, respondendo que imaginou uma aprendizagem inicial já de maneira integrada.

E₁, então, busca encontrar o momento em que os conteúdos são trabalhados, normalmente, em ambas as disciplinas, para definir quando a OI seria vivenciada em horário regular de uma turma do 1º ano do curso técnico integrado ao médio. Após seu relato de como ocorre nas disciplinas técnicas, M₄ faz o mesmo em relação à disciplina de Matemática I. Ao constatar que o conteúdo é trabalhado um pouco antes na matemática, E₁ dá a sugestão de a orquestração instrumental ser planejada para implementação na disciplina de Matemática I:

E₁: Podemos pensar na inclusão desse olhar interdisciplinar na disciplina de matemática. Porque os alunos teriam como se fosse uma passagem de bandeira dentro do conteúdo matemático, já vislumbrando essa aplicação. Se projetaria a aula dentro da disciplina de matemática, cuja aplicação final relativa ao estudo de função afim abarcaria a parte de circuitos elétricos. Porque a gente pode colocar como algo comum às disciplinas, pode colocar dentro da disciplina técnica ou pensar dentro da disciplina da matemática. Eu coloco sob esse ponto de vista pensando nessa distância temporal. A gente poderia usar essa transição que existe entre a abordagem do conteúdo matemático e a abordagem do conteúdo técnico

para tratar da aplicação, nesse meio, que aí eu acho que daria, acho que seria algo bem interessante.

[Trecho da transcrição da OI₄].

Em sua resposta, M₄ se mostra disposto a fazer adaptações na forma que trabalha os conteúdos, mas ainda aparenta compreender que a apresentação do tema seria feita como de costume, para depois se estabelecer relações. E₁, então, direciona a discussão para os objetivos pretendidos para cada área do conhecimento, expõe os referentes às disciplinas técnicas deixando o registro no chat da sala, e solicita a M₁ e M₄ que façam o mesmo quanto à matemática. Os professores conversam e M₁ fala nos objetivos que pensou. Mais uma vez E₁ pede para que façam o registro, criando um arquivo de apresentação no drive e compartilhando com os demais. M₄ digita no chat os objetivos falados por M₁, e E₁ os adiciona na apresentação, cria um infograma definindo que a implementação da OI ocorreria entre as semanas 7 e 8 do segundo bimestre.

Depois de algumas interações e reflexões, E₁ sugere que exista uma abordagem na matemática, uma na técnica e uma integrada. Lança a questão do momento que a abordagem integrada aconteceria: entre a matemática e a técnica, ou ao final das duas. Enquanto M₁ opta por ocorrer ao final, M₄ acha interessante que seja entre uma e outra. Neste momento afirma estar pensando no modelo remoto, e então surge a discussão se a OI seria planejada para vivência remota ou presencial. M₄ afirma que na modalidade remota as aulas têm uma duração menor, e acredita que um encontro síncrono não seria suficiente. Neste momento, E₁ altera o planejamento para que a abordagem na matemática ocorra nas semanas 6 e 7 do segundo bimestre; nas semanas 7 e 8 na técnica (dobrando a carga horária de ambas); e na semana 9 a integrada. Então M₁ relembra que na modalidade de aula remota os encontros síncronos só ocorrem de 15 em 15 dias. Após debaterem mais um pouco – com o argumento de que no ano seguinte é provável que as aulas já ocorram presencialmente e que consideraram as aulas presenciais ao relatarem quando os conteúdos são trabalhados em cada disciplina –, os três docentes concordam que a OI será planejada pensando nas aulas presenciais. Neste caso, todos acham ser mais viável deixar a abordagem integrada para o final, e manter o dobro da carga horária (6 horas/aula) para a abordagem em cada área.

Até então, foram definidos os objetivos de aprendizagem de cada área e que a OI seria vivenciada por uma turma do 1º ano em horário regular, presencialmente, em três blocos: nas semanas 6 e 7 uma abordagem na disciplina de matemática; nas semanas 7 e 8 nas técnicas; e na semana 9 uma abordagem integrada. E₁, que já havia organizado essas informações no infograma, começa a pensar quais aulas contemplariam quais objetivos. Ao questionar os

professores de matemática se é possível que contemplem alguns dos objetivos da área técnica na abordagem matemática, M_1 deixa claro que sua intenção de integração se resume à resolução de exercícios contextualizados na área técnica, após apresentar os conteúdos tradicionalmente:

M_1 : Quando a gente começa esses conteúdos de funções, geralmente a gente bota umas questões mais simples, por exemplo, comparando quilômetro rodado com preço de um táxi. A gente vai fazendo essas questões. Aí depois a gente resolve umas duas ou três mais fáceis, e depois vai pegando questões um pouquinho mais complicadas. Aí nessas questões a gente pegaria algumas de elétrica envolvendo aí a resistência, a potência, e colocaria numa situação problema. Só nisso o aluno já iria conseguir saber quem está em função de quem, que a gente já teria explicado, já começa a mostrar a ele a taxa de variação, ou então a taxa fixa, e diante disso a gente vê esse T3 (terceiro objetivo técnico: entender e aplicar a Lei de Ohm). (...) Quando a gente apresenta função, se o aluno entender bem a diferença entre taxa de variação, taxa fixa, que o y depende do x, conseguiu construir o gráfico, qualquer assunto a gente pode transformar em questões de função afim, entende? Qualquer assunto, se a gente pegar algo de meio ambiente, algo de informática, a gente consegue. Lógico, tem que ter um pouquinho de matemática, né? Envolveu duas grandezas, x e y, a gente consegue construir o gráfico, consegue trabalhar tudo com ele, entende?

(Trecho da transcrição da OI4, 2021).

Então, E_1 acrescenta ‘incluindo exemplos com grandezas elétricas’ ao quarto objetivo matemático (M_4), que até então era ‘Aplicações em situações problemas’. Neste momento, M_4 se mostra mais propenso a trabalhar os conceitos elétricos já na apresentação do conteúdo de função afim, afirmando que muitos livros didáticos abordam conteúdos matemáticos a partir de uma situação-problema, e que embora não tenha esse costume – pois normalmente apresenta o modelo matemático e todas as definições, inicialmente –, ele sempre contextualiza logo depois, e poderia fazer isso com um problema do contexto técnico.

Após mais algumas interações, especialmente a respeito da construção gráfica – em ambas as áreas –, E_1 começa a pensar em uma proposta de situação técnico-matemática para a aula integrada, e o que precisaria ser trabalhado nas abordagens anteriores para dar suporte à realização da situação:

E_1 : Uma proposta de situação. A gente fez, inclusive, uso dos dispositivos digitais, e eu estou pensando a situação-problema, de fato, a construção gráfica como proposta, para a gente discutir. Essa construção gráfica seria utilizando os dispositivos físicos de laboratório. Na semana 9, essa integração. Uma vez que vocês já estão habituados, vamos dizer assim, já tiveram uma aula introdutória sobre o phet, será que não seria interessante, por exemplo, nessas aplicações aqui no bloco da matemática, incluindo exemplos com grandezas elétricas, um caso só utilizando o phet?

(Trecho da transcrição da OI4, 2021).

Aqui E_1 já expõe sua ideia de que a aula integrada seja vivenciada no laboratório de eletroeletrônica, utilizando os artefatos físicos do curso, e tenta incluir o simulador virtual como artefato nas aulas de matemática, para que os professores reproduzam com os alunos parte do que foi vivenciado por eles na OI_p on-line. Ao perceber que M_1 e M_4 estão um pouco relutantes a esta integração (especialmente M_1), o docente é cuidadoso ao fazer a sugestão, e ambos os professores concordam. E_1 adiciona mais um objetivo técnico (T4: Compreender o funcionamento e a operação de equipamentos físicos / simuladores), e explica o que pensou:

E_1 : Os estudantes já teriam essa ambientação no phet, lá na matemática. Quando a gente abordasse de maneira integrada, a gente utilizaria o laboratório físico, que foi o laboratório lá daquele primeiro encontro (OI_p presencial). Então eles já aprenderam o conteúdo matemático; viram aplicações desse conteúdo matemático com abordagem, inclusive, no simulador; tiveram essa abordagem conceitual, vamos dizer assim, relativa a essas grandezas e às leis; depois a abordagem experimental em relação ao funcionamento e uso de alguns artefatos; e depois, na integração, a gente poderia trabalhar essa situação-problema da construção gráfica utilizando os dispositivos físicos de laboratório.

(Trecho da transcrição da OI_4 , 2021).

M_1 e M_4 assentem, e E_1 diz que pode ceder suas 4 aulas (3 relativas à disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica e 1 à de Instrumentos de Medidas, as quais normalmente ocorrem em sequência) para a aula integrada. Então, cria um novo slide e começa a elaborar a situação técnico-matemática a ser proposta na aula integrada, definindo os artefatos envolvidos. Todos concordam com o uso de calculadora, já que muitas vezes os valores não são exatos. Ao questionar os professores de matemática quanto ao costume de usar papel milimetrado em suas aulas, ambos afirmam não ter o hábito, mas que poderiam adotá-lo sem problemas. Ao discorrer sobre o assunto, M_4 menciona que em alguns anos as turmas do 1º ano são bem cheias, e E_1 tem a ideia, para a aula integrada, de dividir a turma em duas partes: uma delas a vivenciaria no horário da disciplina de matemática (3 h/a), e a outra parte no horário da disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica (também 3 h/a), podendo ocorrer no mesmo dia a partir de uma permuta nos horários. Todos concordam.

E_1 continua a definir todos os elementos da situação técnico-matemática. No geral, faz algumas perguntas aos professores de matemática relativas às suas abordagens, e está sempre pedindo para que pensem como os temas serão tratados em cada área visando a resolução da situação a ser proposta na aula integrada. Entretanto, M_1 e M_4 permanecem passivos, apenas compartilhando elementos de suas práticas quando questionados por E_1 .

Em relação aos itens da situação proposta (vide o Apêndice G), M_1 e M_4 opinam em relação ao item *e* (construção do gráfico) quando questionados por E_1 se achavam melhor que

o aluno colocasse apenas os pontos ou traçasse a reta. Ambos explicam que, na matemática, construir o gráfico da função afim é equivalente a traçar a reta, uma vez que o domínio são os números reais. E_1 ainda tenta argumentar afirmando que na disciplina técnica é comum essa confusão (sobre apenas colocar os pontos ou traçar a reta), e quando M_4 afirma ser interessante definir o domínio da função, E_1 acrescenta o Item *b* (defina o domínio da função a partir da resistência e da potência do resistor), o qual afirma ter esquecido anteriormente. E_1 ainda insiste na apresentação do Item *e*, achando que pode confundir o aluno quanto à construção do gráfico. Mas M_4 é firme em sua opinião achando que especificação demais também pode confundir, que deixaria implícito (que construir o gráfico implica em traçar a reta) e reforçaria isso na hora de apresentar a situação aos alunos. E_1 acata a sugestão e explica cada um dos itens já elaborados para que M_1 e M_4 façam suas considerações e eventuais ajustes.

Ao E_1 questionar os professores de matemática se achavam interessante a criação de um último item que fizesse o aluno comentar a relação entre ambos os conteúdos (função afim e Lei de Ohm), M_1 sugere que seja solicitado um resumo para que estabeleçam a relação entre os conteúdos, e M_4 complementa que este item pode servir para avaliarem se a relação foi, de fato, compreendida. Neste momento, E_1 acrescenta o Item *f* (*faça um breve relato sobre suas percepções entre o estudo de Função Afim e a Lei de Ohm*) e adiciona ‘e os conhecimentos matemáticos sobre função afim’ ao objetivo da situação, elaborado por ele, ficando: *construir/analisar graficamente a curva Corrente Elétrica x Tensão para resistores elétricos no contexto da Lei de Ohm, considerando o uso de equipamentos e instrumentos de laboratório (fontes elétricas, multímetros, componentes resistivos, matriz de contatos, fios) e os conhecimentos matemáticos sobre função afim.*

Em seguida, E_1 toma à frente mais uma vez afirmando que a configuração didática de cada uma das aulas deve ser definida, e começa a digitar a referente ao segundo bloco (abordagem nas técnicas). Reitera que embora tenha escolhido o nome ‘Aula integrada’ para o encontro da semana 9, a integração deve ocorrer já nas semanas iniciais. Questiona M_1 e M_4 a respeito de como poderia descrever o bloco da matemática: a sequência de conteúdos, a gestão do tempo e a divisão desses conteúdos nas duas aulas, as quais chama de AM1 e AM2. M_1 , então, responde:

***M₁:** Eu não consigo visualizar uma forma diferente do tradicional, entende? A gente, pelo menos eu... os meninos já têm aquela noção de conjunto, já tem a noção de relação entre um conjunto e outro, então através disso já vamos apresentar o que é função. E logo quando a gente apresenta função, já relaciona o que é termo dependente, o que é termo independente. Aí a partir daí a gente vai explicar que como um termo depende do outro, sempre vai vir uma lei de formação. Nessa lei*

de formação, a gente vai apresentar quem são os coeficientes. Ou seja, é isso que colocasse aí: 'definição sobre função'. Então depois de definir o que é função, a gente vai apresentar a relação entre os termos dependente e independente. Geralmente eu apresento a relação entre esses termos, e tem uma fórmula. Nessa fórmula, a gente vai apresentar quem são os coeficientes.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Novamente, M₁ se mostra relutante em modificar a maneira tradicional em que apresenta o conteúdo de funções, descrevendo a estratégia que normalmente segue. E₁ o questiona sobre a abordagem de domínio da função, e ele e M₄ o explicam que o conteúdo é visto anteriormente, ao se estudar relações e noção de funções, em geral. E₁ afirma que talvez fosse interessante lembrá-lo, uma vez que será trabalhado em uma perspectiva prática. Os professores concordam e explicam que isto já é feito normalmente, ao se estudar cada tipo de função. M₁ pede para que E₁ altere 'definição de função', na descrição dos conteúdos da AM1, para 'definição de função afim', já que função, em geral, já é um assunto abordado previamente. E₁ faz o registro e lembra que ainda deve ser pensado como fazer a introdução ao *phet*, além do modo de execução de cada aula, especialmente da integrada. M₁, então, diz que só consegue pensar na resolução de exercícios para a aula integrada. Em sua visão, E₁ iria apresentar algum contexto do curso e ele o utilizaria para aplicar: ou um gráfico, ou uma tabela, ou algo do tipo. M₄ confessa que pensou da mesma forma, sem conseguir imaginar uma integração além disso. E₁ tenta dar ideias expondo o que pensou:

*E₁: Eu acho que a gente pode pensar num exemplo experimental a partir de valores reais mesmo, de componentes, dentro dessa configuração integrada. E com base nela, vocês projetarem para aquele exemplo final, da aula de matemática, o exemplo do simulador. Baseado nessa própria atividade que vai ser feita nessa aula integrada (...). Enfim, eu acho que essa aula aqui, integrada, embora ela seja a última, parece que é interessante pensar nela para reconfigurar/adequar/ajustar essas aulas iniciais aqui. A gente vir aqui pra aula de matemática, e a partir do que está planejado para essa aqui (técnica), fazer essa modificação. Como a gente vai estudar lá a parte gráfica, essa configuração de aulas. Aí eu trago isso pra técnica como estudo introdutório da Lei de Ohm. Como que a gente vai fazer a parte experimental física lá, o que é que é importante? Conexão de equipamentos, etc., montagem. Então como vocês vão usar o simulador? Aí traz isso pro final dessa aula 2 de matemática. É só porque no detalhamento das configurações, a gente vai ter que deixar bem descrito. 'Disponibilizar o software', então, por exemplo, eu vou fazer uma construção no simulador (*phet*), mas todos os alunos da turma vão ter um celular para abrir na hora? Ou a última temática vai ser num laboratório de informática pra que eles usem o computador no final? Esses são aspectos que vão influenciar essa descrição, a própria configuração.*

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Ao relatar todos os aspectos que ainda precisam ser definidos, pergunta como será feito considerando o avançar da hora. Até então haviam se passado 3 horas e 15 minutos do início da vivência. A formadora sugere a marcação de um novo encontro síncrono para conclusão das discussões, e mediante a disponibilidade de todos, fica acordado que ocorrerá no mesmo dia no turno da tarde.

No encontro da tarde, E₁ já inicia o diálogo apresentando o modo de execução pensado para cada uma das 4 aulas do bloco técnico (duas relativas à disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica, totalizando 6 horas/aula; e duas relativas à disciplina de Instrumentos de Medidas, totalizando 2 horas/aula). Segundo o docente, a descrição foi feita no intervalo entre os encontros síncronos do dia, o que levou cerca de 40 minutos. Ele explica que se baseou nos objetivos e na situação-problema definidos, além da configuração didática pensada para as aulas. O docente explica alguns tópicos aos colegas, e sugere que o professor de matemática esteja presente nas aulas técnicas e que ele esteja presente nas aulas de matemática para que cada um veja a forma de exposição do colega e tenha noção das dúvidas apresentadas pelos estudantes em cada área. Todos acham uma excelente ideia. Então E₁ explica em detalhes como se dá a dinâmica no laboratório de eletroeletrônica, fala do auxílio que recebe do técnico de laboratório, do monitor da disciplina, como alunos com mais facilidade auxiliam, também, seus colegas, menciona possíveis eventos previstos e imprevistos.

Com base nessas alegações, M₄ conclui que na aula de matemática existem bem menos variáveis a se considerar, e reitera uma fala anterior de M₁ sobre professores de matemática, de maneira geral, seguirem um modelo pronto para dar aulas:

*M₄: A gente, professor de matemática, já tem um modelo pronto de como a gente vai desenvolver as aulas sobre função afim. Quando a gente chega em função polinomial do 1º grau, a gente já tem todo um conceito de função construído, já existe uma base. Então o início da aula é sempre mostrar o modelo da função afim. Ela tem esse formato, quem são os coeficientes, $f(x) = ax + b$, quem é o **a** (coeficiente angular), quem é o **b** (coeficiente linear), qual a função desses coeficientes, essa relação entre as grandezas, entre o x e o y . A gente já segue um modelo.*

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Para dar um direcionamento mais objetivo nas discussões, F decide auxiliar E₁ nos questionamentos e registro do que está sendo discutido, em termos de planejamento da OI interdisciplinar. Ao questionar se a integração ocorreria já nas aulas de matemática, M₁ diz que apresentaria a teoria do jeito que sempre faz, e apenas ao resolver questões tentaria contextualizar na área de elétrica. Que para isso precisaria, inclusive, da ajuda de E₁ ou do

técnico de laboratório com a indicação de materiais que pudesse estudar para estabelecer essas conexões, demonstrando insegurança em fazê-las baseado apenas na formação. Acredita que a aula integrada deve ser ministrada pelos professores de ambas as áreas, juntos, e M₄ concorda. M₁ finaliza sua fala concluindo que deixaria a integração apenas para a aula integrada.

Neste momento E₁ insiste que deseja que a integração seja feita já anteriormente, exemplifica com o uso do *phet*, lembrando que seria algo próximo do que eles vivenciaram. E₁ se compromete a dar suporte ao participar da aula de matemática, especialmente se eles almejassem que ocorresse no laboratório. Ele enfatiza que esta é uma forma de antecipar alguns aspectos conceituais a serem utilizados na situação-problema na aula integrada. Ratifica que para pensar na aula final deve-se repensar as iniciais, pois dessa forma a aula integrada seria uma sedimentação do que vem sendo construído nas aulas iniciais, podendo ser até mais simples do que imaginado inicialmente:

E₁: A situação aqui está descrita, e M₁ e M₄ descreveram como é que seria esse modo de execução da aula de matemática. Mas eu acho que a gente pode detalhar mais isso. Porque com esse detalhamento, eu acho que podemos até aperfeiçoar essa última aula integrada, ou até mesmo pensar numa integração de forma que acontecesse aí duas coisas: na aula matemática e na técnica, como a gente já propôs. Uma integração da técnica dentro da matemática, por exemplo com uso dos problemas; e uma integração da matemática dentro da técnica, por exemplo na análise gráfica. Eu acho que isso pode acontecer já nessas aulas iniciais. E com isso acontecendo, em relação à situação problema, a gente pode até pensar numa configuração didática mais simples do que a gente estava imaginando agora (...). Aí veja só, a gente propôs uma situação que tinha lá como artefato, por exemplo, o papel milimetrado, régua, etc. Não seria interessante, até do ponto de vista do tempo para essa aula integrada final, que parte da instrumentação/instrumentalização dos estudantes em relação ao uso desses artefatos ocorresse já dentro da aula matemática? Essa é uma pergunta/sugestão. Aprender a usar um papel milimetrado, a construir o gráfico, a definir um intervalo para esse gráfico que vem especificado dentro de um eixo de abscissa, dentro de um eixo de ordenada. Será que o processo de instrumentalização de alguns desses artefatos não poderia acontecer exatamente nas aulas anteriores? Porque, o que eu fiz propondo nessa aula de Instrumentos? Em relação aos equipamentos, é essa instrumentalização dos artefatos que a gente vai utilizar na aula integrada, parte dela vai acontecer nessa aula. Então como a gente tem outros artefatos – como é o caso do papel milimetrado, da régua, da calculadora – será que não teria como, dentro desses exemplos da matemática, tentar trazer isso já para a aula de matemática? E aí a gente teria uma integração talvez mais completa. Na aula de matemática já teria essa instrumentalização, também, não só em relação aos conceitos, ao conteúdo, mas também em relação a esses artefatos em si; na parte técnica também teria; e na aula integrada a gente juntaria tudo isso. O aluno já teria uma instrumentalização prévia e veria isso de maneira integrada nessa última aula.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Ambos os professores de matemática concordam em trabalhar o uso do papel milimetrado nas aulas iniciais do primeiro bloco. M₁, inclusive, sugere que ele já seja introduzido antes, ao se estudar o plano cartesiano, relações, noção de funções. M₄ concorda. Então E₁ aproveita para relembrar o uso do *phet*, que na OI_p on-line foi combinado com a construção do gráfico traçado à mão por eles, e sugere que seja trabalhado em conjunto com o papel milimetrado. M₁ e M₄ acatam a sugestão, mais uma vez, e M₁ sugere que também seja passado aos alunos uma atividade para casa com uso do simulador. Enquanto isso, F vai adicionando todas essas informações aos slides compartilhados. Mais uma vez, questiona os docentes sobre o que foi pensado para o modo de execução da aula integrada, e E₁ responde com uma análise inicial, deixando evidente o seu papel de formador (adotado na OI_p) e demonstrando muito conhecimento a respeito dos elementos relativos ao modelo da OI:

E₁: Para essa situação problema já haveria uma facilidade inicial, porque os alunos teriam se instrumentalizado em relação ao uso dos artefatos nas aulas prévias, tanto em matemática quanto na área técnica. Então a gente já trataria a instrumentalização dos artefatos dessa aula integrada nas aulas anteriores. Esse é um elemento facilitador. Talvez seja algo colocado como um aperfeiçoamento em relação à OI pivot e às outras que já foram realizadas. Porque em vários momentos só falamos desse tempo de apropriação conceitual. Então agora a gente vai para um tempo de aula que, nesse formato, eu acho que vai favorecer muito para que os alunos tenham uma aprendizagem mais efetiva, porque a gente traz um momento anterior, mas conjugado com essa situação. E esse momento anterior já traz a apropriação, essa aprendizagem sobre os artefatos, o processo de instrumentalização.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Inicia, então, a descrição do modo de execução pensado por ele:

E₁: Então teriam 3 aulas, seriam definidos aí a partir de 3 aulas. Como já houve um momento prévio, nas aulas anteriores, de instrumentalização, eu imagino que dando essas variáveis de controle os alunos já teriam sobre as bancadas todos os componentes elétricos disponibilizados, os cabos disponibilizados. Então, do ponto de vista dos dispositivos, os alunos chegariam e fariam as atividades também no formato de dupla, que aí para 15-20 alunos seria algo bem mais factível para essa atividade. Eles teriam, disponibilizados sob a mesa deles, o papel milimetrado, acho que a régua também, todos os instrumentos testados e com os cabos disponibilizados sob a bancada, e teriam um roteiro com esse enunciado que a gente propôs, e todos esses itens. E a gente procederia, então, com um acompanhamento da realização dessa atividade. Esse acompanhamento, tanto o professor de matemática quanto o professor da área técnica, quanto o técnico de laboratório, ou eventualmente o monitor, a gente poderia estar dando suporte e fazendo esse registro das principais dúvidas, seja em relação a esse processo mesmo de montagem (que seria mais essa análise técnico-científica), ou mesmo na análise matemática (...). E com todos esses sujeitos, quando as dúvidas tiverem um aspecto talvez de um caráter mais de um ponto de vista matemático, então o

professor de matemática vai poder dar o suporte. Quando essa dúvida tiver mais relacionada ao contexto tecnológico ali, de uso dos artefatos, ou de falha no uso desses artefatos, ou de eventuais riscos, aí tanto o técnico quanto o professor da área técnica também podem dar suporte. Assim, quando a gente achar que é de uma área ou de outra, mas a gente se sentir confortável para dar suporte, eu acho que isso também pode acontecer. Então o raciocínio que eu tenho de maneira mais ampla seria esse. Disponibilizar inicialmente todos os artefatos, todos os recursos sobre as bancadas, todos testados e já pré-disponibilizados para cada uma dessas duplas (...). Então como houve a instrumentalização lá na matemática em relação à construção gráfica, e na parte técnica em relação aos instrumentos etc., e houve uma integração disso também nessas aulas anteriores, então esse momento é de descrição, de um caráter mais independente. O aluno vai ter todos os recursos à sua disposição, e mais o suporte dos professores e do técnico de laboratório, e a gente vai acompanhando esse processo, sanando essas dúvidas e dando esse suporte à medida que ele vai acontecendo.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Após toda essa descrição, M₁ confessa que ainda não consegue visualizar uma integração com a matemática para além da resolução de exercícios. Concorda que ‘uma prévia’ da integração pode ocorrer já na segunda aula de matemática, desde que, de fato, E₁ ou o técnico de laboratório estejam presentes, para o caso de algum aluno ter uma dúvida mais específica do conhecimento técnico e ele não saber responder. Finaliza sua fala reiterando que costuma seguir uma dada estratégia para trabalhar os conteúdos, e que é muito difícil para ele desconstruir isso:

M₁: Eu não sei se é o meu costume de dar aula sempre dessa forma, não sei se são todos os professores de matemática. Quando eu digo todos, a grande maioria, né. Apresentar conteúdo, resolver exemplo, resolver questões, passar para casa, e aprofundar. Então quando se fala em integração, eu só vejo resolver questões focado naquele assunto. E para isso tem que estar preparado, tem que estar o pessoal das 2, 3, 4 áreas tudo junto mesmo.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

M₄, embora afirme concordar com o colega, apresenta uma opinião diferente, se mostrando menos resistente à ideia de integração e até animado com a possibilidade:

M₄: Eu concordo com você. E outra coisa, vi sempre, ao longo de todos esses anos que eu tenho ensinado, que existe uma tentativa de ilustrar para o aluno algumas aplicações da matemática em outras áreas. Então é muito comum a gente ver, por exemplo, nas aulas de trigonometria. Aí tem ao final uma lista de exercícios em um livro didático, e o último exercício é uma aplicação na física. Por exemplo, o professor está ensinando a lei dos cossenos, e a última aplicação do livro é força resultante. Aí ele vai lá e diz: aqui você pode aplicar na física e tal, tem esse conceito. Às vezes o aluno nunca estudou força resultante. É aquela tentativa de ilustrar, que não é suficiente. Eu entendo a ideia, mas nunca vi com bons olhos, porque para mim sempre faltava alguma coisa. Que é justamente esse trabalho que a gente vai realizar com os meninos, é muito diferente, né? Nós não vamos fazer uma mera ilustração de algo que eu posso... ‘ah em uma área aqui, gente, que vocês

podem aplicar’. Funções, uma função afim, aí o cara diz assim: ‘isso aqui é um exemplo lá da física, que o professor da área técnica vai trabalhar com vocês ainda esse semestre’. Isso é uma coisa, já é bom, mas não é o ideal. E aí o que a gente vai fazer é algo mais interativo mesmo, é algo participativo, algo mais dinâmico nos dois sentidos, tanto com influência na aula de matemática, e a matemática com influência na aula prática.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

Embora M₄ também sinta essa insegurança de M₁ em abordar conteúdos fora da sua área do conhecimento, acredita que a formação é um ótimo começo, e que seria muito interessante que fosse continuada, especialmente em relação à vivência no laboratório. Aqui fica evidente a evolução de M₄ em relação ao conceito de interdisciplinaridade, e de como pode favorecer o aprendizado dos alunos. O docente, então, faz considerações positivas a respeito de aspectos relativos ao modo de execução da aula integrada, descritos por E₁, e afirma estar empolgado com o trabalho que vai ser feito, concluindo:

M₄: Porque vai ser bom pro nosso campus, para a gente, para as aulas de matemática. E a partir daí irão surgir outras ideias. Nós temos uma diversidade grande de assuntos de matemática e quanto mais trabalhos desse tipo a gente tiver, melhor. Até porque a gente trabalha num centro de tecnologia, seria muito legal se a gente pudesse pegar parte dos conteúdos que a gente ensina no integrado e pudesse fazer um trabalho desse. Mas é um ponta pé inicial, e a partir daí tem muita coisa pra fluir.

(Trecho da transcrição da OI₄, 2021).

F, então, faz perguntas a M₁ e M₄ a respeito do modo de execução pensado para as aulas iniciais de matemática, a fim de fazer o registro. Especialmente no que concerne à primeira aula, de apresentação dos conteúdos, eles continuam relutantes em deixar de fazê-lo do jeito tradicional. M₄ ainda diz que poderia se adaptar, mas que além de achar muita informação para o aluno, costuma abordar da mesma forma que M₁. Este, por sua vez, afirma que não consegue visualizar a apresentação inicial do conteúdo de forma diferente, repetindo que os professores de matemática, em geral, seguem um padrão.

M₄ fala sobre o coeficiente angular da função afim, de como gosta de fazer relações com a tangente, e que percebeu a importância desta relação na abordagem técnica, achando interessante que fosse feito na matemática de modo que o aluno identificasse essas conexões. E₁ concorda e reitera que é por isso que gostaria de estar presente na aula de matemática, ressaltando que esta é uma forma de integrar, de reduzir as diferenças entre as abordagens e contribuir para que o aluno veja como algo unívoco, mais uniforme. Afirma que o modelo que estão propondo favorece esta percepção pelos estudantes.

Após a discussão, direcionada por F, de mais alguns detalhes referentes ao modo de execução de cada aula, a formadora inclui todas as informações que consegue nos slides. Ao perceber o avançar da hora (já haviam se passado 2 horas e 15 minutos do início do encontro da tarde), se compromete a concluir esta descrição em um momento posterior, baseada na gravação de toda a discussão, para que a equipe interdisciplinar faça as devidas alterações. Os docentes concordam, a formadora agradece a participação de todos e encerra o encontro. Alguns dias depois, quando compartilha a descrição final da OI interdisciplinar, os docentes não realizam nenhuma alteração.

Agora analisaremos os aspectos elencados na seção anterior, olhando para a gênese instrumental de cada docente participante. A maior parte do planejamento da OI foi feita por E_1 , que desde o início tomou a frente para direcionar as discussões, registrar o que estava sendo discutido, pensar na sequência de decisões que precisavam ser tomadas e organizar esses dados. O docente criou um documento e compartilhou sua apresentação com os demais durante as discussões (guiadas por ele) enquanto o preenchia; definiu detalhes da OI criada, como objetivos, a divisão em três blocos, abordagens, carga horária, momento de implementação; elaborou um infograma dos blocos de aulas com especificação dos objetivos a serem contemplados em cada um (vide Apêndice G); detalhou os elementos da OI em relação às aulas técnicas e à aula integrada, sempre estimulando M_1 e M_4 a fazer o mesmo com o bloco referente à matemática.

A outra parte do registro foi feita por F com base no que foi discutido pelos docentes. A formadora tomou essa decisão *ad hoc* ao perceber o avanço da hora e prevendo a possibilidade de que não fosse concluído. Dos participantes da formação, apenas E_1 tomou o cuidado de checar se as decisões referentes ao planejamento da OI estavam de acordo com as instruções e o passo a passo apresentado pela formadora, possivelmente devido ao seu vasto conhecimento prévio a respeito do modelo.

Isso vale para a situação técnico-matemática proposta, que no geral foi elaborada por ele sofrendo pequenas modificações com base nos relatos e opiniões de M_1 e M_4 . Isto já era esperado, considerando a formação e o perfil de E_1 , seu domínio em ambas as áreas e em relação ao Modelo da OI.

Aqui chamamos atenção para dois pontos. O primeiro é relativo ao papel de E_1 na orquestração instrumental. Uma vez que assumiu a função de formador na OI_p – e em parte na OI_2 ao contribuir com a elaboração do *webdoc* interdisciplinar –, acreditamos que além da formação prévia e perfil do docente, este papel assumido em OI anteriores tenha influenciado

sua postura de liderar o direcionamento das discussões e a elaboração da OI interdisciplinar na OL4.

O segundo ponto aponta o outro lado deste domínio de E_1 relativo à maioria dos tópicos (conhecimento técnico, matemático, relativo aos artefatos, interdisciplinar): por ter todos estes conhecimentos bem consolidados, o docente, em alguns momentos, simplifica alguns aspectos e até prioriza, inconscientemente, sua área de conhecimento. Um exemplo disso é o fato de acreditar que as aulas de matemática poderiam acontecer no laboratório de eletroeletrônica, ou que, ao apresentar o conteúdo de função afim, o professor de matemática poderia já introduzir aos alunos os conceitos das grandezas elétricas. Outro exemplo é quando E_1 insiste (ainda que tenha cedido ao final) para que o traçado do gráfico se resuma a pontos no plano cartesiano, em vez da reta, em um dos itens da situação proposta na aula integrada. Em relação a isso E_1 leva em consideração apenas a realidade de suas disciplinas, ainda que os professores de matemática expliquem a diferença na abordagem matemática. Neste sentido, as discussões foram positivas ao trazer a reflexão para o docente da área técnica de que existem outros objetivos matemáticos a serem contemplados; que os alunos apresentam outras dificuldades relativas aos conteúdos matemático (além das que emergem nas disciplinas técnicas); das principais diferenças da abordagem matemática; de que não é tão simples para o professor de matemática consolidar o conhecimento técnico necessário para utilizar os artefatos do curso profissional e estabelecer conexões entre as duas áreas; e, conseqüentemente, é ainda menos simples para os estudantes. De maneira geral, a formação contribuiu para que o professor da área técnica desvelasse barreiras inerentes à abordagem de conhecimentos matemáticos no contexto técnico.

O resultado do estudo inicial da presente tese, apresentado por F no início das discussões, serviu para que os docentes compreendessem o contexto do curso na instituição em pauta, e assimilassem melhor o objetivo pretendido da formação. Esse assunto emergiu em alguns momentos nas discussões, para exemplificar as dificuldades encontradas pelos professores devido à diferença de momentos em que os conteúdos matemáticos são trabalhados em ambas as áreas. Não houve consulta na internet ou em outras fontes durante as discussões, todas as informações vieram dos relatos e experiências dos docentes.

A interação dos professores foi bem fluida, eles estavam à vontade para dar sua opinião, argumentar, fazer perguntas e responder aos colegas. M_1 e M_4 possuem um perfil parecido e estavam em bastante sintonia, sempre concordando e complementando o que o outro expunha. Entretanto, em alguns momentos essa sintonia pareceu aumentar a resistência de ambos quanto às sugestões dadas por E_1 , principalmente M_4 , que ao final se mostrou mais flexível. E_1 guiou

muito bem as discussões, assimilando as opiniões e estilos dos professores de matemática e interagindo de maneira cuidadosa.

As vivências anteriores da MOI interdisciplinar ficaram evidentes em vários momentos da discussão, especialmente as relativas à OI_p, presencial e on-line. E₁ foi quem mais as citou, buscando sugerir e exemplificar algumas questões aos professores de matemática, inclusive para reprodução de parte da OI_p on-line na aula de matemática.

Todas as condições estabelecidas por F foram respeitadas, embora a formadora não tenha previsto, para a OI interdisciplinar elaborada, uma sequência de aulas e em ambas as disciplinas. A equipe, principalmente E₁, concluiu que não é possível alcançar a interdisciplinaridade em apenas um momento, mas que é necessária uma construção gradual, especialmente no que concerne à instrumentalização e instrumentação relativa aos artefatos técnicos. O docente de eletroeletrônica considerou esta utilização dos artefatos em outros momentos, anteriores à resolução da situação a ser proposta, como um aperfeiçoamento das orquestrações *pivots*, em que sempre era priorizada a apropriação conceitual. Na OI interdisciplinar pensada, a apropriação dos artefatos, também, ocorreria a cada aula das diferentes disciplinas e com diferentes abordagens, e a situação técnico-matemática a ser proposta na aula integrada serviria para consolidar a gênese instrumental do estudante.

A situação proposta para a aula integrada foi de fato técnico-matemática, graças a E₁. Em vários momentos M₁ e M₄ se mostraram resistentes em utilizar situações e artefatos do curso técnico, ou até mesmo em visualizar uma integração para além de situações problemas de função afim que envolvesse as grandezas elétricas. Possivelmente, sem o direcionamento de E₁ este teria sido o tipo de situação proposta por eles, sem a utilização dos artefatos profissionais ou uma abordagem com aspectos de ambas as áreas. Já E₁, por sua vez, buscou contemplar os objetivos pensados para ambas as áreas ao elaborar a situação, embora tenha tendido a priorizar, em alguns momentos, os relativos à área técnica, como exposto anteriormente. De qualquer modo, após diálogo com os colegas, sempre se dispôs a chegar a um acordo comum.

A decisão da vivência presencial para a OI elaborada veio de uma construção de argumentos. Inicialmente os docentes consideraram a vivência remota, como é a atual modalidade de aula na instituição. Entretanto, quanto mais elementos eram pensados, mais tendiam ao presencial, sendo uma decisão unânime. Além da perspectiva de que em 2022 – quando pretendem implementar a OI planejada – as aulas já ocorram presencialmente, vários aspectos precisariam ser adaptados, considerando as dificuldades encontradas atualmente pelos professores nas aulas remotas.

Neste sentido, os artefatos priorizados para a resolução da situação técnico-matemática proposta para a aula integrada foram os físicos, utilizados na OI_p presencial. Entretanto, ainda assim os artefatos virtuais utilizados na OI_p on-line foram incluídos em uma aula anterior de matemática, por ideia de E₁, uma vez que o seu manuseio é mais simples em relação aos físicos, por parte dos professores de matemática. E₁ incluiu, também, na segunda aula referente à disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica, a utilização de outro simulador virtual, também da plataforma *phet*, para ilustrar a Lei de Ohm.

Todos os objetivos técnicos e matemáticos pensados para a OI foram contemplados ao longo da sequência de aulas planejadas, e de uma forma geral consolidados na aula final (integrada). E₁ teve o cuidado de identificar em que aula cada um deles estaria sendo trabalhado e de que maneira.

Por fim, pode-se dizer que a OI elaborada é de fato interdisciplinar. Com uma carga horária total de 20 horas/aula (equivalentes a 15 horas), distribuídas entre as disciplinas técnicas e matemática, a situação técnico-matemática é proposta no último momento, denominado de *aula integrada*. Entretanto, a *interdisciplinaridade* foi alcançada graças à formação anterior de E₁, que já tinha esse conceito bem consolidado. Tanto M₁ quanto M₄, desde a implementação da OI₃, demonstraram considerar como interdisciplinaridade uma mera contextualização, em diferentes graus. Além disso, se mostraram resistentes a modificar sua prática docente mais tradicional, especialmente M₁, o que ficou claro em vários momentos da implementação da OI₄, como em relação à primeira aula de matemática, por exemplo, pensada para acontecer como de costume, sem integração com o curso técnico. Esta questão evidencia a necessidade de discussão do conceito durante a formação, de forma a desengessar a mentalidade de que o professor de matemática precisa seguir um padrão tradicional para trabalhar os conceitos matemáticos. A partir das falas apresentadas pelos professores de matemática, a resistência apresentada aparentou ser receio de sair da zona de conforto, insegurança em abordar temáticas que não são da sua área do conhecimento, o que precisa ser reforçado, também, em algum momento da formação.

Quanto ao planejamento geral da OI interdisciplinar, foram identificadas algumas lacunas. Uma vez que os professores apresentaram a intenção de implementar a OI interdisciplinar para apresentar e trabalhar os conteúdos de função afim e Lei de Ohm, nas respectivas disciplinas, os casos de funções afins não lineares não foram contemplados na matemática. Na OI_p on-line estes casos foram tratados dentro de uma aplicação da Lei das Tensões de Kirchhoff, a qual não foi incluída na OI elaborada. Durante as discussões da OI₄, os professores de matemática deram a entender que todo o conteúdo de função afim seria

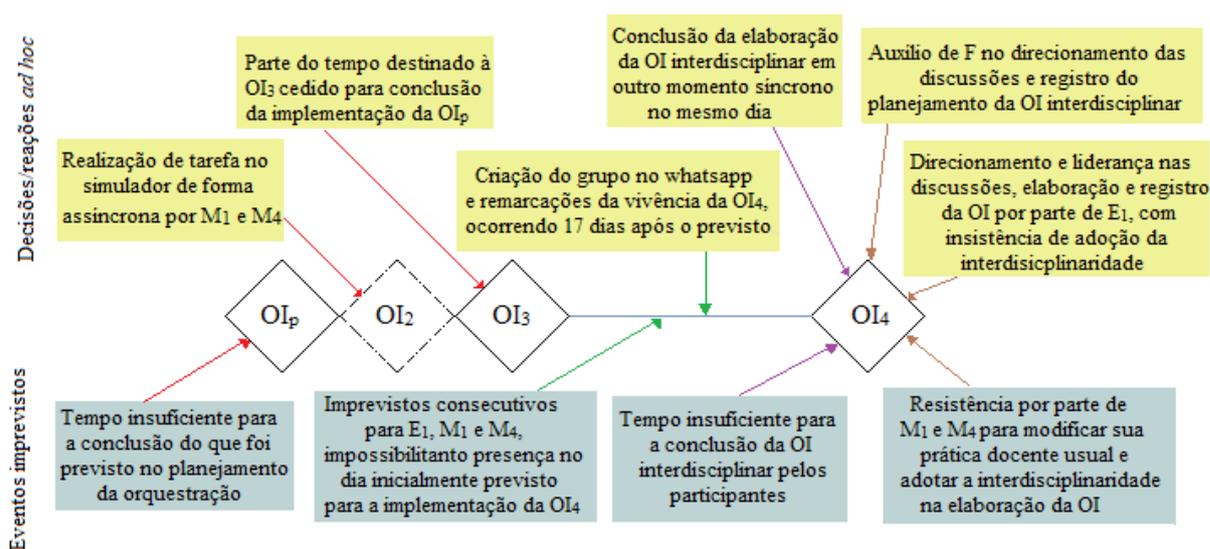
estudado naquela sequência de aulas. Neste sentido, em seu planejamento a aplicação da Lei de Ohm aparentou contemplar todos os casos da função, o que não é verdade. Ademais, ficou a lacuna do que seria a aula de matemática na semana 8, antes da aula integrada. Este espaço parece um bom momento para abordagem do conteúdo (função afim não linear) aplicado à Lei das Tensões de Kirchhoff, com uso do simulador virtual da maneira como foi vivenciado na OI_p on-line, até como forma de introduzir o conteúdo profissional, o qual seria trabalhado nas disciplinas técnicas mais à frente. Ainda assim, levando em conta as lacunas encontradas na própria MOI interdisciplinar, consideramos a OI interdisciplinar elaborada pelos docentes muito satisfatória e promissora.

6.3.6 Metaperformance didática – MOI interdisciplinar

Nesta seção será discutida a metaperformance didática da MOI interdisciplinar, inicialmente a partir da síntese dos resultados apresentados nas análises das performances didáticas de cada OI que a compõe.

Na Figura 33 estão especificados os eventos imprevistos ocorridos durante a implementação da MOI interdisciplinar, como um todo, e as decisões e reações *ad hoc* relativas a eles. Aqui as decisões e as reações *ad hoc* não são discriminadas, uma vez que foram tomadas, em geral, conjuntamente pela formadora e os demais participantes (especialmente E₁ que assume papel de formador em alguns momentos).

Figura 33 – Eventos externos do design da MOI interdisciplinar



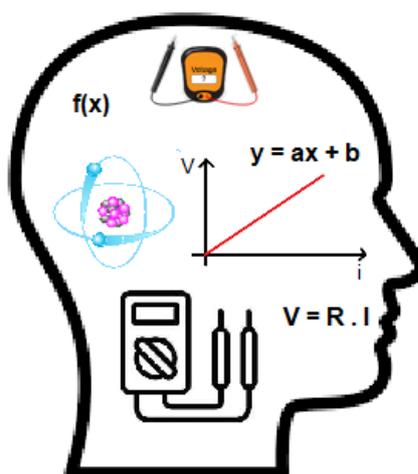
Fonte: A autora (2021).

Como explica Lucena (2018), na MOI estes eventos, decisões e reações *ad hoc* ocorrem não apenas durante a implementação das OI, mas também podem acontecer entre uma e outra, externamente a elas. Um exemplo disso, ocorrido na MOI interdisciplinar, foi entre a OI₃ e a OI₄, quando E₁, M₁ e M₄ tiveram imprevistos recorrentes e a vivência da OI₄ precisou ser remarcada mais de uma vez, o que aumentou o intervalo entre as orquestrações de 7 para 24 dias. Até a própria adaptação das formações, de presencial para on-line, se deu devido a um imprevisto (a pandemia causada pelo novo coronavírus) ocorrido externamente, entre as duas formações.

A respeito da resistência por parte dos professores de matemática em modificar sua prática docente usual, refletida diretamente na resolução da situação proposta na OI₄, a discussão sobre o tema *interdisciplinaridade* poderia ser incluída na OI₃, uma vez que a

abordagem interdisciplinar feita por E_1 na OI_p se mostrou insuficiente como uma das formas de quebrar o paradigma do ensino tradicional enraizado por M_1 e M_4 . Discutir o tema mostrou-se de grande importância para a formação, como um todo, no sentido de favorecer o pensamento interdisciplinar (Figura 34) pelo professor do ensino técnico integrado, especialmente visando o produto final da OI_4 : a criação da OI interdisciplinar pelos docentes. Neste cenário, o tempo de duração da OI_3 poderia ser aumentado de 3 para 4 horas, para inclusão da temática nas discussões, cujo foco se daria na adoção da prática no ensino técnico integrado (Seção 2.1).

Figura 34 – Representação de pensamento técnico-interdisciplinar



Fonte: A autora (2021).

No que concerne à insuficiência do tempo de duração planejado para a OI_p e para a OI_4 , a remarcação de novos momentos síncronos aponta a necessidade de ajuste na configuração didática de ambas as orquestrações. Em relação à OI_p , conforme mencionado na análise de sua performance didática (Seção 6.5.1.5), uma possível solução seria a gravação de um vídeo, pelo docente da área técnica, com explicação a respeito dos conceitos elétricos discutidos, disponibilizado previamente aos professores de matemática para que o assistam antes da vivência da OI , ficando o momento apenas para sanar as dúvidas sobre o assunto. O vídeo poderia, inclusive, ser incorporado ao *webdoc* interdisciplinar, complementando seu conteúdo. Ademais, o tempo de duração da OI_p on-line também poderia ser aumentado de 3 para 4 horas.

No que diz respeito à OI_4 , acreditamos que muitas das discussões emergidas – em geral sobre o modelo não-interdisciplinar de ensino seguido frequentemente por professores de matemática – seriam antecipadas na OI_3 ao incluir o tópico ‘interdisciplinaridade’ na pauta. Em combinação com o aumento de 1 hora no tempo de duração da OI , poderia sanar o problema da extrapolação. Deste modo, todas as orquestrações assíncronas teriam o tempo de duração aumentado para 4 horas.

Uma vez que a MOI interdisciplinar surgiu como evolução da primeira formação interdisciplinar (capítulo 5) – a qual já foi inspirada no Modelo da MOI –, organizamos, a seguir, as modificações e sugestões de mudanças advindas de ambas as formações, já citadas anteriormente.

- Da primeira formação:
 - a) Levantamento prévio do conhecimento técnico dos professores de matemática e possíveis ajustes na configuração didática da OI_p;
 - b) Maior intervalo de tempo entre as orquestrações para um melhor controle e maior tempo de reflexão relativos aos eventos imprevistos que possam ocorrer (extrapolamento de tempo das OI; impossibilidade de comparecimento por algum dos participantes, etc.);
 - c) Maior duração de tempo de implementação das OI para 3 horas cada;
 - d) Limitação na quantidade de sujeitos participantes da formação para maior controle de faltas e atrasos e análise de dados mais completa;
 - e) Necessidade de criação de um material com linguagem adequada aos participantes da formação no que concerne à apropriação da teoria (webdoc interdisciplinar) e sua caracterização como uma nova OI da formação;
 - f) Necessidade de considerar a formação e a gênese instrumental do professor da área técnica;
 - g) Caracterização da formação como uma MOI interdisciplinar, com ajustes.
- Da segunda formação (MOI interdisciplinar):
 - a) Possibilidade de adaptação da vivência da formação (ou especificamente de alguma das OI que a compõem) de presencial para remota, considerando imprevistos que possam ocorrer, especialmente no que concerne à OI_p;
 - b) Criação de material (em vídeo) a respeito de conceitos técnicos necessários à OI_p, a ser disponibilizado e estudado previamente à vivência pelos professores de matemática, a fim de reduzir o tempo de duração da orquestração instrumental e criar um material para consulta;
 - c) Solicitação de tarefa assíncrona utilizando os artefatos da OI_p para auxiliar no processo de instrumentação e instrumentalização dos professores de matemática e na consolidação dos conceitos trabalhados na orquestração instrumental;
 - d) Levantamento prévio do conceito de interdisciplinaridade pelos professores participantes e inclusão do tópico nas discussões da OI₃, com foco no contexto do ensino técnico integrado e na realidade da instituição em questão;

e) Maior duração de tempo de implementação das OI para 4 horas cada.

Essas adaptações impactam diretamente na metaconfiguração didática e o no metamodo de execução da MOI interdisciplinar final proposta nesta pesquisa. Ademais, refletem – além das oito características inerentes a uma MOI, já apresentadas (Figura 6) – a *interdisciplinaridade* presente em cada uma das orquestrações, complementando os atributos relativos a uma MOI interdisciplinar.

Esta característica adicional (a interdisciplinaridade) implica em mais uma reflexão, relativa aos diferentes papéis que o professor da área técnica assume na MOI interdisciplinar, e como cada um deles impacta em seu desempenho nas outras orquestrações. Isto porque a interdisciplinaridade da MOI demanda um trabalho colaborativo não apenas entre os participantes (professores em formação) ao vivenciá-la, mas também durante a própria elaboração da MOI. Uma vez que a pesquisadora é formada em matemática, a colaboração de um sujeito com formação na outra área do conhecimento em questão (no caso eletroeletrônica) é imprescindível para o planejamento da formação. Nesse sentido, o referido sujeito (professor da área técnica) é ao mesmo tempo formador e formando na MOI interdisciplinar, fato que influencia diretamente em sua metaperformance didática.

Conforme mencionado na análise da performance didática de E_1 na OI_4 , seu desempenho foi diretamente influenciado por suas funções nas OI anteriores: na OI_p assume inteiramente o papel de formador; na OI_2 contribui, em parte, com o conteúdo do *webdoc* interdisciplinar e já domina a teoria devido à sua formação prévia; na OI_3 faz contribuições com alto nível de conhecimento a respeito do Modelo da OI e da interdisciplinaridade do ensino técnico integrado; e na OI_4 assume a liderança na resolução da situação, contemplando cada aspecto detalhado em sua proposição. Todas essas questões também devem ser consideradas na análise da gênese instrumental do docente.

Lucena (2018, p. 352) afirma que “a estrutura de análise da MOI considera a análise de diferentes tipos de gênese instrumental dos participantes, em diferentes papéis/funções, na execução de diferentes situações”. Na MOI interdisciplinar esta diversificação ocorre, também, considerando o duplo papel de formador e formando de um mesmo sujeito (o professor da área técnica). Acreditamos que essa dicotomia tenha sido o principal entrave, na primeira formação, para considerar, também, a condição de formando dos professores da área técnica.

Na MOI interdisciplinar, buscamos suprir essa demanda por meio da análise da performance didática de E_1 em todas as orquestrações, levando em consideração cada um de seus papéis ao olhar sua gênese instrumental. Na OI_p , o docente desempenhou muito bem sua função de formador, proporcionando aos professores de matemática a vivência de uma OI

interdisciplinar que contemplasse os esquemas necessários, a serem mobilizados ou desenvolvidos por seus colegas, para a resolução da situação técnico-matemática proposta. Na OI_2 , assumiu satisfatoriamente, mais uma vez, o papel de formador ao colaborar com o desenvolvimento do webdoc interdisciplinar. Ao mesmo tempo, desempenha muito bem, também, seu papel de formando ao elaborar questões (tarefa proposta a todos os participantes, na OI_2) que articulam o conteúdo do webdoc (especificamente relativo à teoria) à sua prática docente no que concerne ao uso dos artefatos envolvidos, mostrando excelente capacidade de articular teoria e prática.

Na OI_3 , faz ricas contribuições a respeito do modelo teórico em questão (sobre o qual já tinha conhecimento) e da realidade da instituição onde a pesquisa foi realizada. Entretanto, ainda que nessa OI ele assuma papel de formando, a influência do seu papel de formador nas OI anteriores fica evidente em vários momentos, uma vez que a OI_p é usada constantemente como exemplo para apresentar e discutir elementos da teoria. E_1 faz colocações relevantes a respeito da análise dos esquemas dos docentes na OI_p , além de trazer várias reflexões, como as relativas à transposição do ambiente presencial para o on-line; às formas de melhor favorecer a gênese instrumental dos professores de matemática na OI_p ; às maneiras de integrar conteúdos matemáticos e conteúdos técnicos; às diferentes formas de abordar estes conteúdos em ambas as áreas para evitar seu entendimento com significados diferentes; e como a escolha dos artefatos a serem disponibilizados pode impactar a resolução de uma situação técnico-matemática. Na OI_4 , o papel anterior de formador de E_1 se evidencia mais uma vez quando guia as discussões, assumindo a posição de líder na resolução da situação, garantindo que fosse resolvida de maneira satisfatória.

Os professores de matemática, por sua vez, assumem papel de formandos no decorrer de toda a formação. Na OI_p acompanham as explicações de E_1 , embora M_4 aparente apresentar, em alguns momentos, dificuldades na resolução da situação. Em relação ao principal artefato utilizado – o simulador virtual de construção de circuitos elétricos –, desenvolvem os esquemas esperados, demonstrando relativa facilidade em manusear o artefato. Em relação à OI_2 , ambos os docentes resolvem a situação proposta, refletindo sua compreensão, ainda que parcial, do *webdoc* interdisciplinar. Na OI_3 participam ativamente das discussões, aparentando entender as principais questões relativas à teoria no contexto do ensino técnico, embora apareçam os primeiros indícios de resistência à adoção de uma prática interdisciplinar, especialmente por parte de M_1 . Na OI_4 essa resistência emerge mais fortemente, se apresentando como um entrave à gênese instrumental de M_1 e M_4 , que só conseguem contemplar os requisitos da situação apresentada na orquestração instrumental por conta de E_1 .

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, será feito um resumo de como a pesquisa se desenvolveu desde o início, com descrição do seu processo evolutivo e apresentação das principais conclusões. Ao final, sugerimos futuras pesquisas relacionadas às temáticas aqui abordadas.

A modalidade de ensino técnico integrado ao médio pressupõe uma abordagem interdisciplinar que relacione disciplinas gerais e específicas de forma a contribuir com uma formação holística e uma aprendizagem mais significativa dos estudantes. Entretanto, diversos estudos – como Gonçalves e Pires (2014); Carvalho, Nacarato e Reinato (2016); Santos, Nunes e Viana (2017) – apontam que esta não é a realidade das instituições de ensino profissional, onde usualmente o curso integrado é tratado de maneira segmentada, sem conexão entre as disciplinas relativas ao ensino médio e ao curso técnico. Uma vez que a educação técnica é repleta de recursos tecnológicos próprios, enxergamos potencial em utilizá-los para fomentar esta integração.

No que se refere ao ensino da matemática, o aproveitamento de situações e artefatos técnicos do curso profissional pode facilitar o aprendizado dos estudantes não só na disciplina propedêutica, mas também nas específicas do curso técnico, já que muitas delas demandam conteúdos matemáticos. Neste sentido, posto que o Modelo da OI oferece suporte ao professor na utilização de tecnologias para ensinar matemática, buscamos discutir o seu uso no ensino técnico a partir da identificação de adequações necessárias a uma abordagem interdisciplinar para o ensino da matemática na modalidade de ensino integrado.

Para tornar possível esta integração, percebemos a necessidade de uma formação que capacitasse os professores do ensino profissional a utilizar a OI de forma adequada, considerando a interdisciplinaridade almejada e sua realidade institucional. Visto que o Modelo da MOI foi desenvolvido com o propósito de formar professores de matemática a respeito da OI, aproveitamos alguns de seus elementos para elaborar uma primeira formação interdisciplinar destinada a professores do ensino técnico.

Os dados da pesquisa foram coletados no IFPE Garanhuns, campus onde lecionava na época da coleta, e o curso escolhido para delimitação da pesquisa foi o técnico em eletroeletrônica, por apresentar grande relação com a matemática. O presente trabalho foi dividido em três etapas metodológicas.

Em um estudo inicial, foi enviado um questionário (como formulário eletrônico) aos professores de eletroeletrônica da instituição em questão, cujas respostas possibilitaram a identificação dos conteúdos matemáticos necessários à formação técnica do estudante do

referido curso, na modalidade de ensino integrado. A partir daí, mapeamos em que momento os conteúdos são trabalhados (primeiro na matemática, primeiro nas disciplinas técnicas, ou concomitantemente), e analisamos as respostas referentes a três disciplinas, identificando temáticas técnicas relacionadas a tais conteúdos matemáticos e os artefatos profissionais utilizados para trabalhá-los. Também foi possível estabelecer relações entre os conteúdos das duas áreas e caracterizar as situações técnico-matemáticas, o que resultou em nove propostas interdisciplinares (MORAIS; GITIRANA, 2022).

O segundo estudo consistiu em uma primeira formação interdisciplinar, a qual foi inspirada no modelo da MOI. Composta por uma sequência de três orquestrações, foi elaborada com base em uma das propostas interdisciplinares resultantes do estudo inicial e direcionada a professores do IFPE Garanhuns. Além da pesquisadora (que assumiu papel de formadora), os sujeitos participantes foram dois professores de eletroeletrônica e os seis professores de matemática do campus (na época). A vivência ocorreu em fevereiro de 2020 na referida instituição, e priorizou a formação dos professores de matemática, à medida em que os de eletroeletrônica contribuíram para esta formação compartilhando seus conhecimentos específicos. Por falta de tempo, a situação proposta na OI₃ não foi resolvida no dia da vivência, e nem posteriormente, por conta da pandemia do novo coronavírus. Ademais, a análise dos dados levou à descaracterização da formação como interdisciplinar, apontando a necessidade de uma nova vivência que levasse em conta, também, a formação do professor de eletroeletrônica; e a caracterização da formação como uma MOI, com alguns ajustes.

Neste contexto, o terceiro estudo consistiu na caracterização, desenvolvimento e teste de uma **MOI interdisciplinar**, composta por uma sequência de quatro orquestrações, e com ênfase na formação dos professores de ambas as áreas: matemática e eletroeletrônica. Ainda por conta da pandemia, foi realizada remotamente nos meses de julho e agosto de 2021. A fim de melhor controlar as faltas e atrasos, além de proporcionar uma análise mais completa dos dados, sua vivência foi limitada a uma parte dos sujeitos integrantes da primeira formação: além da pesquisadora (formadora), participaram dois professores de matemática e um de eletroeletrônica, o qual também assumiu papel de formador em alguns momentos.

Na análise dos dados, esta dualidade de papéis do professor da área técnica (formador e formando) demandou critérios diferenciados para analisar sua gênese instrumental, além de ser apontada como o principal entrave à interdisciplinaridade na primeira formação. Os resultados também indicaram a necessidade de incluir no modelo a discussão do conceito (de interdisciplinaridade), especialmente no que concerne ao contexto do ensino técnico integrado. Ao resolver a situação proposta na última orquestração da MOI, com base no que foi discutido

durante toda a formação, os participantes elaboraram, juntos, uma orquestração instrumental. A análise da performance didática apontou que a OI criada foi, de fato, interdisciplinar, e que todos os critérios estabelecidos pela formadora foram respeitados. Entretanto, isto só foi possível devido ao desempenho de E_1 , que supriu a lacuna relativa ao conceito de interdisciplinaridade por M_1 e M_4 .

No que concerne às adequações necessárias ao Modelo da MOI na proposição de uma formação interdisciplinar apropriada a professores do ensino técnico integrado, no ensino matemático e profissional – objetivo geral desta pesquisa –, constatou-se a necessidade de incluir a *interdisciplinaridade* como característica inerente a uma MOI interdisciplinar, atributo que emerge a cada etapa da formação. Ademais, o modelo proposto é composto apenas por OI interdisciplinares.

A análise da metaperformance didática da MOI interdisciplinar aponta para sua validação, embora precise de alguns ajustes. O modelo desenvolvido permitiu ao professor da área técnica refletir sobre as diferentes abordagens do conhecimento matemático, e ao professor de matemática conhecer as especificidades do curso técnico e estabelecer conexões com sua disciplina.

Como pesquisas futuras relacionadas, sugerimos: uma investigação de como reformular as ementas do curso técnico integrado de forma a favorecer uma abordagem interdisciplinar – o que pode envolver mudanças de práticas adotadas pela instituição, como a junção de turmas de diferentes cursos –; uma nova implementação da MOI interdisciplinar, com os ajustes necessários; a implementação da OI interdisciplinar elaborada na OI_4 pelos docentes participantes da formação, com análise da performance didática e sugestão de como aprimorá-la; e a utilização do modelo da MOI interdisciplinar em outro campus ou instituição de ensino técnico, ou relacionando a matemática a outro curso profissional.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Norma Brasileira. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. 2004. Versão corrigida: 2008.
- ALVES, N. G.; SILVA FILHO, M. V.; LOPES, R. M. Interdisciplinaridade no ensino técnico: um caminho possível. In: **Estudos de Politécnica e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 179-195, 2009.
- BELLEMAIN, F.; GITIRANA, V.; IGNÁCIO, R.; LUCENA, R.; TIBÚRCIO, R.; DOUGLAS, A.; SIQUEIRA, E.; RODRIGUES, A. **Webdocs Studium**: plataforma para elaboração de *Webdocuments* integrando e articulando recursos dinâmicos. LEMATEC-UFPE, 2017.
- BELLEMAIN, F.; TROUCHE, L. Compreender o trabalho do professor com os recursos de seu ensino, um questionamento didático e informático. Conferência. **Anais do LADIMA**, Campo Grande-MS, 2016. 12p.
- BESSA, C. R. L.; CAVALCANTE, R. P.; ALDANER, J. J.; CORREIA, K. C. P. Interdisciplinaridade no Ensino Médio Integrado: considerações para uma formação omnilateral. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, Natal-RN, IFRN, v. 2, n. 19, p. 94-96, 2020.
- BITTAR, M. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, Editora UFPR, n. Especial 1/2011, p. 157-171, 2011.
- BOYLESTAD, R. L. Introdução à análise de circuitos. Revisão técnica Benedito Donizete Bonatto. Tradução Daniel Vieira e Jorge Ritter. 12 ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.
- BRASIL, CNE/CEB. **Parecer CNE/CEB 39/ 2004, 8 de dezembro de 2004**. Aplicação do Decreto nº 5.154/2004 na Educação Profissional Técnica de nível médio e no Ensino Médio, Brasília, 2004.
- BRASIL, MEC-SETEC. **Educação Profissional Técnica de Nível Médio Integrada ao Ensino Médio**: Documento base. MEC, SETEC, Brasília, 2007.
- BRASIL. **Projeto Pedagógico do curso técnico em Eletroeletrônica integrado ao ensino médio**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE/SETEC/MEC. Recife, 2012.
- BRASIL. **Plano de desenvolvimento institucional – PDI 2014/2018**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE/SETEC/MEC. Recife, 2014.
- CAPUANO, F. G.; MARINO, M. A. M. **Laboratório de Eletricidade e Eletrônica**: Teoria e Prática. 3. ed. Cidade: Érika, 1995.
- CARVALHO, R. M.; NACARATO, A. M.; REINATO, R. A. O. Educação Matemática e o ensino técnico profissionalizantes em nível médio: uma análise curricular. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, Santos, v. 8, n. 15, p. 25-44, jan.-jun., 2016.

CEUPPENS, S.; DEPREZ, J.; DEHAENE, W.; DE COCK, M. Design and validation of a test for representational fluency of 9th grade students in physics and mathematics: the case of linear functions. **Physical review physics education research**, APS Physics, v. 14, n. 2, 020105, 2018. 19p.

DANTE, L. R. **Matemática: contexto & aplicações**. Manual do Professor, ensino médio. v. 1, 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

DUVAL, R. Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Annales de Didactique et Sciences Cognitives**, Strasbourg: IREM – ULP, v. 5, p. 37-65, 1993.

DRIJVERS, P.; DOORMAN, M.; BOON, P.; REED, H.; GRAVEMEIJER, K. The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, Springer, v. 75, n. 2, p. 213-234, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>

DRIJVERS, P.; GITIRANA, V.; MONAGHAN, J.; OKUMUS, S.; BESNIER, S.; PFEIFFER, C. et al. Transitions Toward Digital Resources: Chance, Invariance and Orchestration. *In*: TROUCHE, L.; GUEUDET, L.; PEPIN, B. (Eds.). **The Resource Approach to Mathematics Education**, Advances in Mathematics Education. Springer, Cham, 2019. Cap. 12, p. 389-444. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20393-1_12

DRIJVERS, P.; TROUCHE, L. From artifacts to instruments: A theoretical framework behind the orchestra metaphor. **Research on technology and the teaching and learning of mathematics**, NCTM: Reston, v. 2. Cases and perspectives, p. 363-392, 2008.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. 5ª Ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

FERREIRA, L. S. Ensino Médio Integrado: possibilidades de interdisciplinaridade entre os conteúdos de História e as disciplinas da área técnica nos cursos ofertados no Campus Bento Gonçalves do Instituto Federal do Rio Grande do Sul. **Revista do Lhiste**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.11-29, jan/jul 2015.

GOIGOUX, R.; VERGNAUD, G. Schèmes professionnels. *In*: La Lettre de l'AIRDF, n°36, /1. p. 7-10, 2005. DOI: <https://doi.org/10.3406/airdf.2005.1639>

GONÇALVES, H. J. L.; PIRES, C. M. C. Educação Matemática na Educação Profissional de Nível Médio: análise sobre possibilidades de abordagens interdisciplinares. **Bolema**, Rio Claro, v. 28, n. 48, p. 230-254, abr. 2014.

HONG, D. S.; CHOI, K. M. A comparative analysis of linear functions in Korean and American standards-based secondary textbooks. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, Francis & Taylor Online, v. 49, n. 7, p. 1025-1051, 2018. DOI: 10.1080/0020739X.2018.1440327

IFE. Curso online: **Enseigner et former avec le numérique en mathématiques**. ENSDeLyon, Fun-Mooc, 2018. Disponível em: <<https://www.fun-mooc.fr/cours/>>

LUCENA, R. **Metaorquestração Instrumental: um modelo para repensar a formação de professores de matemática**. 2018. 383f. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

LUCENA, R.; GITIRANA, V.; TROUCHE, L. O Ensino de Matemática com Integração de Recursos Digitais: um olhar sobre aulas à luz da Orquestração Instrumental. **Ensino da Matemática em Debate**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 238-261, 2018.

LUCENA, R.; GITIRANA, V.; TROUCHE, L. Teacher education for integrating resources in mathematics teaching: contributions from instrumental meta-orchestration. **The Mathematics Enthusiastic**, Montana, v. 19, n. 1, p. 187-221, 2022. DOI: <https://doi.org/10.54870/1551-3440.15492022>.

MELLOR, K.; CLARK, R.; ESSIEN, A. A. Affordances for learning linear functions: A comparative study of two textbooks from South Africa and Germany. **Pythagoras – Journal of the Association for Mathematics Education of South Africa**, AOASIS Publishing, v. 39, n. 1, p. a378, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v39i1.378>

MOLIN, V. T. S. D.; ILHA, P. V.; LIMA, A. P. S.; CARLAN, C.; SOARES, F. A. A. Práticas Interdisciplinares no ensino médio integrado: concepções dos docentes das áreas técnicas e básicas. **Acta Scientiae**, ULBRA: Porto Alegre, v.18, n.3, p. .869-882, set./dez. 2016. DOI:

MORAES, G. H.; ALBUQUERQUE, A. E. M. **As estatísticas da educação profissional e tecnológica: silêncios entre os números da formação de trabalhadores**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasília, 2019.

MORAIS, C. M.; GITIRANA, V. A Matemática no Ensino Técnico integrado ao Médio: um levantamento de condições para integração de recursos. **Bolema**, Rio Claro, 2022.

MORAIS, C. M.; GITIRANA, V.; LUCENA, R. Uma proposta de Metaorquestração Instrumental Interdisciplinar para Professores do Ensino Técnico-integrado. In: FÓRUM DO GT 06, IV, 2021, on-line. **Anais do IV Fórum do GT 06 da SBEM**. Educação Matemática: Tecnologias Digitais e Educação a Distância, 2021a. 10p.

MORAIS, C. M.; GITIRANA, V.; LUCENA, R. Orquestração Instrumental interdisciplinar: uma proposta de formação para professores do ensino técnico. In: EMIP edição 2021, on-line. **Anais do EMIP 2021**. As contribuições das tecnologias para a matemática: realidade e futuro, 2021b. 15p.

NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. **Circuitos Elétricos**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

PIAGET, Jean. **Introduction à l'épistémologie génétique**. Paris: P.U.F., 1949.

_____. **La naissance de l'intelligence chez l'enfant**. Delachaux et Niestlè, 1936.

_____. **La prise de conscience**, Paris: P.U.F., 1974a.

_____. **Réussir et comprendre**, Paris: P.U.F., 1974b.

PIROLLA, F. R.; SANTOS, S. A. S.; FARIA, L. I. L.; HOFFMANN, W. A. M. O Ensino Técnico Integrado ao Médio: a percepção docente sobre a interdisciplinaridade curricular no Instituto Federal de São Paulo – Campus Araraquara. **Sinergia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 89-94, abr./jun. 2019.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P.A. **Os Fundamentos da Física**. v. 3, 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

SANTOS, F. P.; NUNES, C. M. F.; VIANA, M. C. V. A busca de um currículo interdisciplinar e contextualizado para o ensino técnico integrado ao médio. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 57, p. 517-536, abr. 2017.

SILVA, L. M.; ANDRADE, S. A construção do Conceito de Função e o Contrato Didático. **Anais do XV Encontro Brasileiro de Estudantes da Pós-Graduação em Educação Matemática – EBRAPEM**. v. 1, n. 1, Campina Grande, 2011.

SOARES, S. S. **Ensino Integrado: uma experiência de interdisciplinaridade no curso técnico em edificações integrado ao ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí, 2015.

TROUCHE, L.. Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. **Recherches en didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 25, p. 91-138, 2005a.

_____. Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *In: Le calcul sous toutes ses formes*. Clermont-Ferrand: Académie de Clermont-Ferrand, 2005b.

_____. Environnements informatisés d'apprentissage: quelle *assistance didactique* pour la construction des instruments mathématiques? *In: FLORIS, R.; CONNE, F. (Eds.), Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques*. Brussels: DeBoeck & Larcier, 2007. p. 19-38.

_____. Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students command process through instrumental orchestrations. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, Kluwer Academic Publishers, v. 9, n.3, p. 281-307, 2004.

VERGNAUD, G. A Matemática além dos números. **Revista Pátio**, ano 4, n. 13, p. 25, jun-ago. Entrevista concedida à Prof^{ra}. Katia Regina Ashton Nunes, 2012.

_____. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996.

_____. Catégories logiques et invariants opératoires. **Archives de psychologie**, Geneva, n° 58, 1990b.

_____. Concepts et schèmes dans la théorie opératoire de la représentation. *In: EHRLICH, S. (ed.). Les représentations, Psychologie Française*, Elsevier, v. 30, n. 3-4, p. 245-252, 1985.

_____. Epistemology and psychology of mathematics education. *In NESHER, P.; KILPATRICK, J. (Eds.) Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990c.

VERGNAUD, G.. Essai de classification des situations d'apprentissage. **Bulletin du CERP**, Paris, v. 13, p. 145-155, 1964.

_____. Forma operatória e forma predicativa do conhecimento: o valor da experiência na formação de competências. Traduzido por Ana Maria Netto Machado. **ARAUCÁRIAS: Revista do Programa de Pós-graduação em Educação**, Palmas, PR: Faculdades Integradas Católicas de Palmas, v. 1, n° 2, p. 69-89, 2002a.

_____. La conceptualisation, clef de voûte des rapports entre pratique et théorie. In: **Analyse des pratiques et professionnalité des enseignants**. Paris: Actes de la DESCO, 2002b.

_____. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en didactique des mathématiques**, Grenoble, v. 10, n° 2-3, 1990a.

_____. Piaget, Vygotsky e a didática. **Revista do GEEMPA**, Porto Alegre, n.2, p.75-84, 1993b.

_____. Que peut apporter l'analyse de l'activité à la formation des enseignants. **Carrefours de l'éducation**, Armand Colin, v. 10, p. 48-63, 2000.

_____. Teoria dos Campos Conceituais. In: NASSER, L. (Ed.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio De Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ Projeto Fundação, Instituto de Matemática, p. 1-26, 1993a.

_____. The Theory of Conceptual Fields. **Human Development**. Université Paris 8, Saint-Denis, France, p. 83-94, 2009.

**APÊNDICE A – VERSÃO IMPRESSA DO QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS
PROFESSORES DE ELETROELETRÔNICA COMO FORMULÁRIO
ELETRÔNICO**

**Curso técnico em Eletroeletrônica na
modalidade de ensino integrado - IFPE
Campus Garanhuns**

Este questionário visa levantar dados para correlacionar as disciplinas técnicas do curso técnico em Eletroeletrônica integrado ao Ensino Médio, ministrado no IFPE campus Garanhuns, aos conteúdos trabalhados nas disciplinas de Matemática no decorrer dos 4 anos do curso. O mesmo é parte integrante da minha tese de doutoramento em Educação Matemática e Tecnológica, pela Universidade Federal de Pernambuco.

Gostaria de solicitar o seu preenchimento por parte dos colegas que ministram as disciplinas técnicas do curso, se possível até o final deste mês. O questionário é curto e seu preenchimento é rápido e objetivo. As sugestões dadas e informações complementares são opcionais, porém de grande valor para a pesquisa.

Estando de acordo com os princípios éticos, a identidade dos participantes está resguardada e suas respostas serão utilizadas exclusivamente para fins científicos.

Cada questionário está relacionado a uma ÚNICA disciplina. Então se você ministra mais de uma no referido curso, solicito que envie o formulário na quantidade de respostas respectiva ao número de disciplinas ministradas. Caso já tenha sido professor de outras disciplinas do curso em anos anteriores e queira dar sua contribuição, também será muito bem recebida.

Agradeço, desde já, a sua disponibilidade e colaboração para este estudo.

Camila Mendonça Moraes.

O e-mail do participante (null) foi registrado durante o envio deste formulário.

*Obrigatório

1. E-mail *

2. Qual disciplina você ministra? (ou ministrou em anos anteriores) *

3. Em qual ano do Ensino técnico integrado? *

Marcar apenas uma oval.

- 1º ano
 2º ano
 3º ano
 4º ano

Conteúdos matemáticos
demandados para o ensino da
disciplina

Selecione todos os itens relativos aos conteúdos
matemáticos demandados no ensino da sua disciplina.

4. Marque todas que se aplicam.

- Produto cartesiano

5. Equações

Marque todas que se aplicam.

- Do 1º grau
 Do 2º grau
 Modulares
 Exponenciais
 Logarítmicas
 Trigonométricas
 Polinomiais

6. Inequações (se for o caso, especifique quais tipos).

7. Função

Marque todas que se aplicam.

- Noções gerais
 Inversa
 Composta
 Afim
 Quadrática
 Modular
 Exponencial
 Logarítmica
 Trigonométrica

Outro: _____

8. Marque todas que se aplicam.

- Matrizes
 Determinantes
 Sistemas lineares

Outro: _____

9. Progressões

Marque todas que se aplicam.

- Aritméticas
 Geométricas

Outro: _____

10.

Marque todas que se aplicam.

- Análise combinatória
 Estatística
 Probabilidade
 Binômio de Newton

Outro: _____

11.

Marque todas que se aplicam.

- Noções de Matemática financeira

12.

Marque todas que se aplicam.

- Áreas de figuras planas

13. Triângulos

Marque todas que se aplicam.

- Semelhança de triângulos
 Razões trigonométricas no triângulo retângulo
 Relações métricas no triângulo retângulo
 Lei dos senos
 Lei dos cossenos

14. Marque todas que se aplicam.
 Geometria espacial de posição

15. Poliedros

Marque todas que se aplicam.

- Relação de Euler
 Prisma
 Cilindro
 Pirâmide
 Cone
 Esfera

16. Circunferência trigonométrica

Marque todas que se aplicam.

- Trigonometria na circunferência
 Transformações trigonométricas

17. Marque todas que se aplicam.

- Números complexos

18. Marque todas que se aplicam.

- Geometria analítica

19. Outros/observações

20. Indique possíveis temas de sua disciplina, aplicações ou instrumentos que fazem correlação com os conteúdos apontados.

APÊNDICE B – BANCO DE INFORMAÇÕES

Conteúdos Matemáticos do Ensino Técnico Integrado

1º ano	2º ano
1. Números reais e produto cartesiano; 2. Funções; funções de uma variável real; 3. Funções polinomiais do 1º e 2º grau; 4. Equações e inequações do 1º e 2º grau; 5. Módulo e função modular; 6. Equações e inequações modulares; 7. Funções exponenciais; 8. Equações Exponenciais e suas resoluções; 9. Logaritmo; 10. Função logarítmica; 11. Semelhança de triângulos; 12. Triângulo retângulo: razões trigonométricas e relações métricas; 13. Resolução de triângulos.	1. Arcos e ângulos; 2. Circunferência trigonométrica e trigonometria na circunferência; 3. Transformações trigonométricas; 4. Funções trigonométricas; 5. Equações e inequações trigonométricas; 6. Matrizes; 7. Determinantes; 8. Sistemas lineares; 9. Estatística; 10. Números complexos.
3º ano	4º ano
1. Progressões (PA e PG); 2. Áreas de figuras planas; 3. Geometria espacial de posição; 4. Análise combinatória; 5. Probabilidade; 6. Binômio de Newton; 7. Poliedros; 8. Prisma; 9. Pirâmide; 10. Cilindro; 11. Cone; 12. Esfera; 13. Troncos.	1. Noções de matemática financeira; 2. O ponto; 3. A reta; 4. A circunferência; 5. As cônicas; 6. Polinômios; 7. Equações polinomiais ou algébricas; 8. Limites; 9. Derivadas; 10. Regras de derivação; 11. Estudo de máximos e mínimos das funções; 12. Noções de integral.

Elaborado pela autora. Fonte dos dados: IFPE (2012).

Conteúdos Matemáticos por disciplina técnica do curso de Eletroeletrônica

1º ano

Fundamentos de Eletroeletrônica	Instrumentos de Medidas
<p>Equações do 1º grau</p> <p>Equações do 2º grau</p> <p>Função afim</p> <p>Função quadrática</p> <p>Semelhanças de triângulos</p> <p>Razões trigonométricas no triângulo retângulo</p> <p>Relações métricas no triângulo retângulo</p> <p>Equações trigonométricas</p> <p>Função trigonométrica</p> <p>Matrizes</p> <p>Determinantes</p> <p>Sistemas Lineares</p> <p>Trigonometria na circunferência</p> <p>Transformações trigonométricas</p> <p>Números complexos</p>	<p>Equações do 1º grau</p> <p>Função - Noções gerais</p> <p>Função exponencial</p> <p>Equações trigonométricas</p> <p>Função trigonométrica</p> <p>Números complexos</p> <p style="text-align: right;"><u>Legenda:</u></p> <p style="text-align: right; color: red;">Matemática I</p> <p style="text-align: right; color: blue;">Matemática II</p>

2º ano

Desenho técnico	Eletrônica
<p>Equações do 1º grau</p> <p>Equações do 2º grau</p> <p>Semelhança de triângulos</p> <p>Razões trigonométricas no triângulo retângulo</p> <p>Relações métricas no triângulo retângulo</p> <p>PA</p> <p>PG</p> <p>Áreas de figuras planas</p>	<p>Produto cartesiano</p> <p>Equações do 1º grau</p> <p>Equações exponenciais</p> <p>Função</p> <p>Função afim</p> <p>Função exponencial</p> <p>Equações trigonométricas</p> <p>Função trigonométrica</p>
Eletrônica Digital	<p>Matrizes</p> <p>Determinantes</p> <p>Sistemas lineares</p> <p>Estatística</p> <p>Números complexos</p> <p>PA</p> <p>PG</p> <p>Equações polinomiais</p> <p>Geometria Analítica</p>
<p>Álgebra de Boole</p> <p>Lógica Aristotélica</p> <p>Sistema de numeração binário</p> <p><u>Legenda:</u></p> <p style="color: red;">Não trabalhado no Ensino Médio</p> <p style="color: red;">Matemática I</p> <p style="color: blue;">Matemática II</p> <p style="color: blue;">Matemática III</p> <p style="color: purple;">Matemática IV</p>	

3º ano

Instalações elétricas	Comandos elétricos industriais	Máquinas elétricas
Função (noções gerais) Função afim Função exponencial Razões trigonométricas no triângulo retângulo Relações métricas no triângulo retângulo Números complexos Função trigonométrica Área de figuras planas Noções de matemática	Produto cartesiano Equações do 1º grau Função (noções gerais) Função logarítmica Resolução de triângulos (Lei dos senos e Lei dos cossenos) Números complexos	Equações do 1º grau Equações do 2º grau Equações exponenciais Razões trigonométricas no triângulo retângulo Relações métricas no triângulo retângulo Função (noções gerais) Função afim Função quadrática Equações trigonométricas Trigonometria na circunferência Função trigonométrica Números complexos Matrizes Determinantes Sistemas Lineares Esfera
Legenda: Matemática I Matemática II Matemática III Matemática IV		

4º ano

Microcontroladores e Microprocessadores	Eletrônica industrial	Instrumentação e controle de processos
Equações do 1º grau Equações do 2º grau Equações exponenciais Equações logarítmicas Função (noções gerais) Função afim Função quadrática Função exponencial Função logarítmica Equações trigonométricas Função trigonométrica Matrizes Sistemas Lineares Estatística PA	Equações do 1º grau Equações exponenciais Função (noções gerais) Função afim Função exponencial Razões trigonométricas no triângulo retângulo Acionamentos Eletrônicos Equações do 1º grau Equações do 2º grau Equações exponenciais Equações logarítmicas Função (noções gerais) Função afim Sistemas Lineares	Equações do 1º grau Equações exponenciais Equações logarítmicas Função (noções gerais) Função quadrática Equações trigonométricas Trigonometria na circunferência Área de figuras planas Cilindro Pirâmide Cone Equações polinomiais
CLP - Controladores lógicos programáveis Álgebra de Boole Lógica Aristotélica		Legenda: Não trabalhado no Ensino Médio Matemática I Matemática II Matemática III Matemática IV

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE C – SUGESTÕES DE COMO TRABALHAR CONTEÚDOS MATEMÁTICOS ASSOCIADOS A TEMÁTICAS TÉCNICAS

1. Função Afim & Lei de Ohm

Disciplina: Fundamentos de Eletroeletrônica

Ano em que é cursada: 1º ano

O professor de matemática pode, ao apresentar à turma o conteúdo de função afim – especificamente o caso de função linear –, usar como exemplo a Primeira Lei de Ohm, que relaciona, de forma linear, três grandezas fundamentais em um circuito elétrico: resistência, tensão e corrente elétrica. Segundo a referida lei, um condutor mantido a uma temperatura constante terá uma intensidade de corrente elétrica proporcional à sua tensão. Ademais, o docente tem a possibilidade de utilizar um multímetro (e todo o conjunto de artefatos relacionados e necessários ao seu uso: fonte de alimentação, *protoboard*, cabos de conexão, resistores, bancada, etc.) para fazer as devidas medições ao trabalhar o tema.

2. Sistemas Lineares & Leis de Kirchoff

Disciplina: Fundamentos de Eletroeletrônica

Ano em que é cursada: 1º ano

Uma vez que a Lei de Ohm não permite a análise de circuitos mais complexos, com as leis de Kirchoff é possível formular um sistema de equações lineares independentes, o qual determina as correntes ou tensões em diversos segmentos de um circuito elétrico. Segundo a referida lei, a soma algébrica das correntes que entram e saem de uma região, sistema, ou nó é igual a zero. Novamente, o professor de matemática pode utilizar um multímetro e demais artefatos para medir as correntes que chegam e saem em um determinado nó e, conseqüentemente, verificar que a soma algébrica das mesmas é *aproximadamente* zero (uma aproximação porque o conceito de conservação de energia não se aplica ao mundo real).

3. Funções Trigonômicas & Correntes Alternadas

Disciplina: Fundamentos de Eletroeletrônica

Ano em que é cursada: 1º ano

Devido a questões práticas, a corrente que atravessa um resistor pode variar de forma senoidal com o tempo. Quando tal fato ocorre, é dito que essa corrente é alternada. Uma vez que o *osciloscópio* é um artefato técnico útil que permite visualizar a forma de onda da corrente que atravessa um resistor, calcular os valores médios e eficazes dessa corrente, ou o período e a frequência do sinal sob análise, o professor de matemática pode utilizá-lo para observar o comportamento de uma dada corrente alternada. Este comportamento equivale ao de uma função trigonométrica (a função seno), podendo o docente calcular os valores da corrente, o período e a frequência do sinal, estudando as propriedades da função seno relacionando-as ao conteúdo técnico.

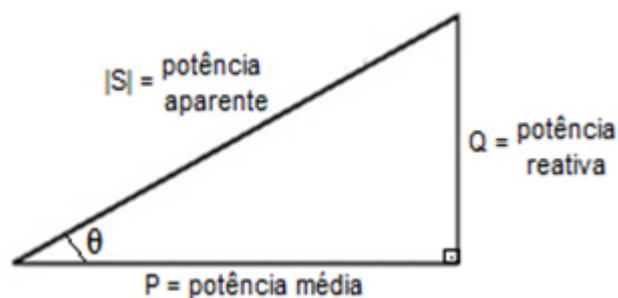
4. Razões trigonométricas no triângulo retângulo & Fator de Potência

Disciplina: Instalações Elétricas

Ano em que é cursada: 3º ano

O professor de matemática pode explorar as razões trigonométricas do triângulo retângulo por meio das relações entre potência média ou ativa (P), potência reativa (Q) e potência total ou aparente (S). Essas três grandezas formam o triângulo de potências, representadas por $S = P + Q$ no

domínio vetorial. Os vetores associados às potências ativa (medida em watt) e reativa (medida em var) formam sempre um ângulo de 90° , sendo, portanto, os catetos do triângulo de potências. Já a potência total (medida em VA) caracteriza sua hipotenusa.



Logo, a partir dessas grandezas, é possível estabelecer as relações trigonométricas no triângulo retângulo ($P = S \cdot \cos \theta$ e $Q = S \cdot \sin \theta$), assim como o Teorema de Pitágoras ($S^2 = P^2$

+ Q^2). De maneira similar, o docente pode trabalhar o conceito de fator de potência por meio da relação entre a potência ativa e a potência total num circuito, uma vez que o fator de potência de um circuito é a razão entre a potência média e a potência aparente, ou seja, é dado pelo cosseno de θ . Para fazer as medições das respectivas grandezas, pode utilizar os artefatos wattímetro (para medir a potência ativa), varímetro (para medir a potência reativa) e cossifímetro (para medir o fator de potência), ou até mesmo buscar estes valores numa conta de luz.

5. Área e perímetro de figuras planas & Previsão de Cargas

Disciplina: Instalações Elétricas

Ano em que é cursada: 3º ano

Algumas atividades envolvendo situações matemáticas baseadas nas recomendações da Norma NBR 5410 podem ser criadas. A referida norma estabelece as condições a que as instalações elétricas de baixa tensão devem satisfazer, com garantia de segurança. O professor de matemática tem a possibilidade, por exemplo, de disponibilizar plantas baixas de cômodos para que os alunos calculem o número de pontos de tomada a serem instalados – a depender do tipo de cômodo e perímetro – e a potência de iluminação – a depender da área do local – verificando e seguindo as recomendações previstas no item Previsão de carga, constante na referida norma (ABNT, 2004, p. 12-13).

6. Leitura e interpretação de gráficos e tabelas & Dimensionamento de Condutores e Eletrodutos

Disciplina: Instalações Elétricas

Ano em que é cursada: 3º ano

O professor de matemática pode, mais uma vez, utilizar a NBR 5410 como artefato para trabalhar conteúdos matemáticos que envolvam temáticas técnicas, como os requisitos de dimensionamento de condutores e eletrodutos. As atividades podem ser propostas por meio de situações matemáticas em que os alunos busquem as informações necessárias na referida

norma. Para tal, os estudantes desenvolvem competências de leitura e interpretação de gráficos e tabelas, ao trabalhar definições e propriedades sobre condutores, plantas baixas, diagramas unifilares, além de considerar os critérios de capacidade da corrente (ampacidade) e limite de queda de tensão.

7. Progressões Aritméticas & Montagem e implementação de circuitos com LED

Disciplina: Microcontroladores e microcomputadores

Ano em que é cursada: 4º ano

Em um semáforo, o acionamento das luzes indicadoras – vermelha, amarela e verde – segue um padrão preestabelecido, dado um estudo prévio do trânsito de veículos presentes nas vias locais, em que cada indicador luminoso permanece acionado por um período de tempo, em um ciclo sequencial. O professor de matemática pode utilizar um microcontrolador – artefato utilizado para controlar digitalmente dispositivos e processos – dentro do contexto de montagem de circuitos com LED, para trabalhar progressões aritméticas. Para implementar um circuito que atenda às especificações, o microcontrolador deverá acionar uma luz indicadora (passagem ou bloqueio de veículos), contar unidades de tempo para, enfim, alternar o estado do semáforo. Ao admitir a duração de 60 segundos para a luz vermelha, por exemplo, uma função que computa apenas 1 segundo pode ser implementada em um laço de repetição, regido por uma progressão aritmética de razão igual a 1, com $t \leq 60$ segundos, em que t é dado pela quantidade de vezes em que a função é executada dentro do microcontrolador.

8. Sistemas Lineares & Controle de velocidade de um motor de corrente contínua

Disciplina: Microcontroladores e microcomputadores

Ano em que é cursada: 4º ano

Em microcontroladores programados para indicar a velocidade angular de um motor de corrente contínua, relações lineares entre a velocidade de um motor e a corrente consumida por ele podem ser estabelecidas. Tais relações são comprovadas com o uso em conjunto de instrumentos de medida, como o multímetro e o tacômetro. O multímetro é utilizado para aferir

a corrente consumida e, por sua vez, o tacômetro afere a velocidade do motor em termos de rotações por minuto. O professor de matemática pode elaborar uma atividade em que os estudantes utilizem o conjunto de instrumentos de medida para comprovar tal linearidade. Enquanto o multímetro, na função amperímetro, é utilizado para aferir a corrente consumida, o tacômetro afere a velocidade do motor em termos de rotações por minuto. Dessa forma, ao anotar algumas correspondências entre velocidade e corrente elétrica – grandezas diretamente proporcionais, nesse caso –, o aluno poderá modelar o problema através de equações lineares, formando um sistema linear. O modelo matemático do motor é inserido no microcontrolador e, a partir da corrente consumida, a velocidade angular pode ser exibida através de um *display*.

9. Função exponencial & Montagem e implementação de circuitos com termistores

Disciplina: Microcontroladores e microcomputadores

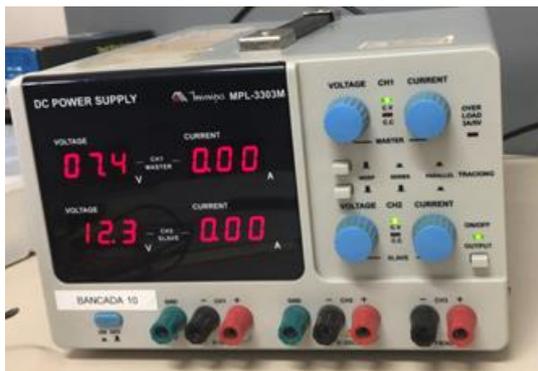
Ano em que é cursada: 4º ano

Em caso análogo ao anterior, microcontroladores podem ser programados para indicar a temperatura em um determinado ambiente ou processo industrial. Nessa situação específica, relações exponenciais entre a resistência de um termistor – um resistor sensível à temperatura – e a temperatura em um ambiente qualquer podem ser estabelecidas. O microcontrolador, ao identificar uma temperatura excedente a partir da leitura da resistência do termistor, poderá desativar o processo e, assim, proteger os operadores próximos e os equipamentos. O professor de matemática pode orientar os estudantes a utilizarem um termômetro e um multímetro (na função ohmímetro, neste contexto), comprovando a relação exponencial entre as grandezas físicas de temperatura e resistência elétrica, em um termistor, através do levantamento da curva *Temperatura x Resistência*. Desse modo, a partir dos dados coletados, o microcontrolador pode ser programado para exibir a temperatura em um *display* qualquer.

APÊNDICE D – OFICINA PARA A OI *PIVOT*

Inicialmente, E_1 entrega a cada participante um material em papel impresso sobre instrumentação e equipamentos de laboratório, e um multímetro digital. Os seis participantes são divididos em três duplas, ficando cada uma numa bancada munida de uma fonte de corrente contínua (Figura I).

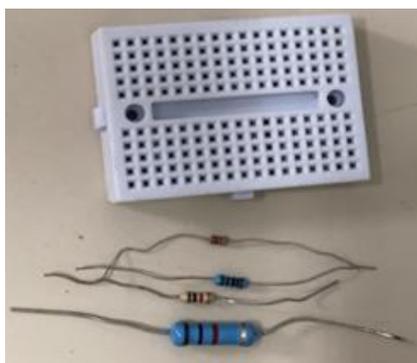
Figura I – Fonte de corrente contínua



Fonte: Registrada pela autora na vivência da oficina (2019).

Então, E_1 começou com uma explanação buscando proporcionar uma compreensão de conceitos fundamentais de eletricidade, principalmente, no que diz respeito à construção de circuitos elétricos básicos. Como relata, uma vez conhecidos tais conteúdos, é importante ao professor de matemática saber em que estágio do conhecimento os alunos estarão quando trabalharem o conteúdo de funções. Para tal, ele falou um pouco sobre a disciplina técnica ‘Instrumentos de medidas’, cursada no 1º ano, na qual já nas primeiras semanas os alunos começam a ter noções introdutórias sobre componentes de circuitos. Em seguida, fala sobre resistores (dispositivo elétrico que resiste à passagem de corrente elétrica) e sua variação de propriedades, entregando a cada participante um protoboard (placa com furos e conexões condutoras) e alguns resistores (Figura II).

Figura II – Protoboard e resistores



Fonte: Registrada pela autora no dia da vivência da oficina (2019).

E₁, então, executou a seguinte sequência de ações:

1) Explicou como calcular a resistência por meio deste código, executando o cálculo relativo a um dos resistores, no quadro;

2) Esclareceu o que é um *protoboard* e falou de suas propriedades, mostrando como encaixar o resistor no artefato, e solicita aos participantes que façam o mesmo;

3) Falou sobre o multímetro e suas funções, explicando como fazer a conexão dos cabos no artefato para efetuar o cálculo da resistência e como utilizar a chave central do multímetro;

4) Solicitou que os participantes calculassem o valor da resistência de um dos resistores dados utilizando o multímetro (na função ohmímetro) e que comparassem com o valor calculado no quadro pelo código de cores;

5) Entregou aos participantes novos resistores (de tamanhos variados e com um número diferente de cores) e papel para cálculo, solicitando aos participantes que calculassem suas resistências por meio do código de cores e fizessem a conferência dos valores utilizando o multímetro;

6) Indicou as fórmulas para cálculo envolvendo as grandezas: tensão, potência, corrente e resistência elétricas, explicando como se calcula a tensão máxima de um resistor;

7) Entregou aos participantes novos resistores, indicando sua potência, e solicita que calculassem sua tensão máxima suportada;

8) Explicou como funcionam as fontes de alimentação (Figura I), localizadas na bancada de cada dupla; como os participantes iriam manuseá-la para fazer variar sua tensão e corrente elétricas, e como conectar os cabos de alimentação na fonte;

9) Indicou como utilizar o multímetro na função voltímetro (para cálculo de tensão ou diferença de potencial), explicando porque e como conectar os dois terminais do voltímetro nos dois terminais da fonte;

10) Solicitou aos participantes que escolhessem uma tensão, por meio do ajuste do canal da fonte de alimentação, que conectassem os cabos nas pontas de prova do multímetro, sempre explicando as posições das cores de cada cabo, e que comparassem os valores da tensão indicados na fonte e no multímetro;

11) Explicou como medir a intensidade da corrente elétrica, as limitações e especificações do amperímetro para cada tipo de corrente e como manusear o conjunto de artefatos – multímetro e fonte – para este cálculo;

12) Solicitou aos participantes que: (i) conectassem a fonte ao resistor de maior potência; (ii) ‘abram o circuito’, ou seja, conectassem a fonte em um terminal do

amperímetro, e seu outro terminal no resistor, garantindo a passagem da corrente elétrica pelo amperímetro; (iii) deslocassem o cabo de referência da parte inferior do multímetro ao primeiro terminal (com indicação da unidade em ampére), assim como a chave seletora, uma vez que esta é a unidade de medida desejada; (iv) variassem as tensões na fonte de alimentação, tomando nota e observando o comportamento de suas respectivas correntes, e que construíssem o gráfico da função que representa essa variação; (v) repetissem o procedimento com mais três resistores de diferentes potências, tomando cuidado com seus valores máximos de tensão suportada, construindo seus respectivos gráficos (tensão x corrente). Neste momento, o docente chamou atenção para a associação entre os valores máximos de tensão suportada pelo resistor e o domínio da função.

Em todo o momento, o docente destacou as relações dos resultados emergentes do experimento com o conteúdo de função afim. Do mesmo modo, sanou as dúvidas dos participantes que foram surgindo, tanto em relação ao manuseio dos artefatos e às tarefas solicitadas, como ao conteúdo técnico e sua relação com o conteúdo matemático. A disposição em duplas também foi favorável para que um participante colaborasse com o outro.

Ao ser questionado sobre a intenção de reproduzir a mesma estrutura na vivência da OI_p , o docente explicou que esta seria apenas uma das possibilidades, podendo, por exemplo, trabalhar com funções lineares não afins, associando mais uma fonte ao circuito, mantendo uma delas fixa e a outra variando. Até então, todo o momento descrito teve duração aproximada de duas horas.

Em seguida, o docente ministrante entregou um diodo (dispositivo eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica em apenas um sentido) a cada um dos participantes e os orientou a como conectá-lo à fonte de alimentação, variando sua tensão até que o diodo acenda (Figura III). Explicou a diferença entre esse dispositivo e um resistor, o porquê é preciso romper uma barreira de potencial para acendê-lo, e como o gráfico da corrente em função da tensão pode ser visto como uma função afim, a partir de uma característica linear. Também cita outras possibilidades de trabalhar com o referido artefato, por exemplo, verificando como a tensão varia em função da corrente ao alterar sua resistência. Toda esta etapa dura entre 10 e 15 minutos.

Figura III – Experimento para acender o diodo com variação da tensão



Fonte: Registrada pela autora no dia da vivência da oficina (2019).

Na sequência, o docente entregou a cada dupla uma Unidade Laboratorial Móvel – ou Maleta Experimental – do fabricante Minipa (Figura IV), consistindo em outra possibilidade de estrutura para associar o conteúdo técnico ao de função afim. Esta parte da vivência durou aproximadamente uma hora.

Figura IV – Unidade Laboratorial Móvel ou Maleta Experimental



Fonte: Registrada pela autora no dia da vivência da oficina (2019).

O uso da referida maleta seria mais adequado para questões didáticas - por desviar o foco da montagem para os conhecimentos em jogo -, uma vez que ela apresenta em sua estrutura fontes e resistores em placas específicas incorporados. Além disso, também favorece a gestão de tempo, já que pula a etapa de montagem. Entretanto, de acordo com o docente ministrante, ao manusear o conjunto de artefatos utilizados inicialmente (fonte de alimentação, resistores etc.) o sujeito compreende mais facilmente seu funcionamento; por isso, normalmente, são apresentados primeiramente aos estudantes, como escolheu fazer com os participantes na vivência. Sendo assim, para a OI_p presencial, optou-se por utilizar somente o conjunto de artefatos utilizados no momento inicial, ficando o uso da maleta como uma sugestão de possibilidade futura.

APÊNDICE E – ELABORAÇÃO DE UMA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL

Aspectos práticos

Nesta subseção, definimos objetivamente alguns conceitos relativos ao modelo teórico da OI (com base na fundamentação na Seção 2.4) e descrevemos um ‘passo-a-passo’ para auxiliar um professor de matemática a criar sua própria orquestração instrumental e analisá-la posteriormente, elaborado a partir da tabela construída no curso de formação *Enseigner et former avec le numérique en mathématiques*, do fun-mooc (IFE, 2018). Ressaltamos que a sequência de etapas do planejamento foi enumerada apenas para orientar o docente, mas não necessariamente são independentes ou precisam ser seguidas nesta ordem.

Definições:

Situação - O que dá sentido a um conceito; de modo geral, pode ser entendida como uma situação-problema; Os processos cognitivos e as respostas do sujeito são função das situações com que se confronta; Norteia a construção da configuração didática e modo de execução de uma orquestração instrumental.

Orquestração instrumental - Em termos didáticos, é o arranjo **sistemático e intencional** dos artefatos e sujeitos de um ambiente, realizado pelo professor no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os estudantes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos.

Modelo da Orquestração instrumental - Modelo que faz analogia a uma orquestra, em que o professor é o maestro e os alunos os músicos. É composto por três elementos: configuração didática, modo de execução e performance didática.

Configuração didática - Configuração ou arquitetura do ambiente de ensino e dos artefatos nele inseridos.

Modo de execução - Maneira como a configuração didática é explorada / executada.

Performance didática - Análise do desenrolar da OI, do desempenho alcançado; verificação das intenções e do sucesso da OI; levantamento e análise dos ajustes feitos e decisões tomadas diante dos eventos previstos e imprevistos.

Planejamento e análises a priori

- 1) Definição dos **objetivos** matemáticos, didáticos e tecnológicos (o que pretende ensinar, o que espera que o aluno aprenda);
- 2) Definição da **situação matemática** a ser proposta;
- 3) Análise a priori da situação matemática;
- 4) Escolha dos artefatos tecnológicos a serem disponibilizados (a partir da análise da situação matemática);
- 5) Análise das limitações e potencialidades dos artefatos a serem utilizados;
- 6) Escolha da **metodologia ou técnicas de ensino** a serem utilizadas, adaptadas às tecnologias disponíveis (como será feita a inserção e integração dos artefatos, quais suportes serão oferecidos aos alunos: enunciado de um problema, auxílio no manuseio dos artefatos, etc.);
- 7) Definição da **organização dos sujeitos** participantes da orquestra (estrutura da sala de aula, disposição das cadeiras, trabalho individual ou coletivo, tempo de atividade, etc.);
- 8) Definição do **papel do professor e dos alunos** (nível de interação e iniciativa) durante a vivência da OI;
- 9) Previsão do desenrolar da OI, de eventos imprevistos que podem ocorrer e de como proceder diante destes eventos;

Análise do desenrolar da OI

- Para cada fase, quais foram as diferenças entre o que foi planejado e executado? Que hipóteses podem ser elaboradas para explicar estas lacunas? (expectativa x realidade)
- Os artefatos disponibilizados desempenharam o papel esperado em relação ao aprendizado dos alunos? Foram adequados para a finalidade pretendida?
- Algum artefato que não constava no planejamento foi utilizado ou introduzido? Pelo professor ou pelos alunos? Em caso afirmativo, por quê?

- Como o professor lidou com os incidentes (eventos imprevistos do ponto de vista da avaliação dos artefatos, do questionamento matemático dos alunos, das interações entre eles...)?

- Existe algo que poderia ser mudado na configuração didática ou no modo de execução da OI para melhorar seus resultados? Em caso afirmativo, o que?

**APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS PROFESSORES DE
MATEMÁTICA PREVIAMENTE À OIP ON-LINE, E SUAS RESPECTIVAS
RESPOSTAS**

1. Você se lembra do que aprendeu na vivência no laboratório de eletroeletrônica no IFPE *campus* Garanhuns em fevereiro de 2020?

M₁: Não.

M₄: Sim, lembro de bastante coisa que vimos no laboratório, mas não saberia repetir, porque já faz muito tempo e eu não pratiquei. Apenas li o material que foi entregue sobre orquestração instrumental. Eu li, reli, gostei muito da ideia, mas em relação à prática no laboratório eu precisaria de um lembrete rápido para poder fazer aplicações.

2. Você sabe o que é a Lei de Ohm e qual a sua relação com uma função linear?

M₁: Não estou lembrado. já ouvi falar, mas não me recordo e também não lembro da relação com função afim.

M₄: Sim, sei, com certeza.

3. Você está familiarizado com as grandezas elétricas *corrente, tensão e resistência?* (conceitos físicos, propriedades, formas de medição, unidade de medida, etc.)

M₁: Não, não estou familiarizado com nenhuma delas. Sou “curioso” (realizo alguns serviços elétricos em casa), mas não entendo.

M₄: Familiarizado, não. Estou por dentro do significado de cada coisa, mas não familiarizado ao ponto da questão prática, como a gente viu no laboratório. Apenas em relação aos conceitos. Acho que familiarizado é quando está muito por dentro. Mas em relação aos conceitos, sim.

4. Você sabe o que é um circuito elétrico e como utilizá-lo para fins pedagógicos?

M₁: Acredito que sei o que é circuito elétrico, mas não utilizo para fins pedagógicos.

M₄: Eu sei o que é um circuito elétrico, mas não com utilização para fins pedagógicos. Como o circuito elétrico é da grade curricular de física, muitas vezes o professor de matemática que já deu aula de física está mais familiarizado. No meu caso, eu nunca dei aula de física. Eu sei o que é um circuito elétrico, mas como estudante, não com essa visão pedagógica, como professor, para aplicar nas aulas de matemática.

5. Você já utilizou um simulador virtual para construir circuitos elétricos?

M₁: Não.

M4: Não, nunca utilizei, não cheguei a ver ainda.

6. Ao lecionar conteúdos matemáticos no ensino integrado, você tem o costume de relacioná-los a temáticas do curso técnico?

M1: Já relatei algumas vezes, mas não tenho o costume.

M4: Sim, eu costumo fazer relação com alguns temas com o currículo do curso técnico. Mas não muita coisa. Chego a fazer algumas relações adaptando os conceitos matemáticos às disciplinas, como a própria física, em que você tem uma noção de onde é aplicado. Não chego a aplicar, mas faço pelo menos a correlação entre a matemática que é ensinada e os conceitos que são trabalhados nas disciplinas de cursos técnicos.

APÊNDICE G – OI INTERDISCIPLINAR CRIADA POR E₁, M₁ E M₄

Sujeitos

- Turma do 1º ano de eletroeletrônica do Ensino Técnico Integrado ao Médio (1º TEE integrado);
- Professor de Matemática da turma;
- Professor das disciplinas de Fundamentos de Eletroeletrônica e Instrumentos de Medidas;
- Técnico de laboratório de eletroeletrônica;
- Monitores das disciplinas técnicas e matemática (mediante disponibilidade).

Momento da implementação da OI interdisciplinar

Considerando o momento em que o conteúdo de função afim é ministrado na disciplina de matemática (Matemática I) e o de Lei de Ohm nas disciplinas técnicas (Fundamentos de Eletroeletrônica e Instrumentos de Medidas), optamos pela abordagem na **segunda metade do bimestre 2** (entre as semanas 6 e 9 do respectivo bimestre), por ser mais factível do ponto de vista do ensino-aprendizagem.

Composição semanal das aulas de cada disciplina

Matemática I: 3 ha

Fundamentos de Eletroeletrônica: 3 ha

Instrumentos de Medidas: 1 ha

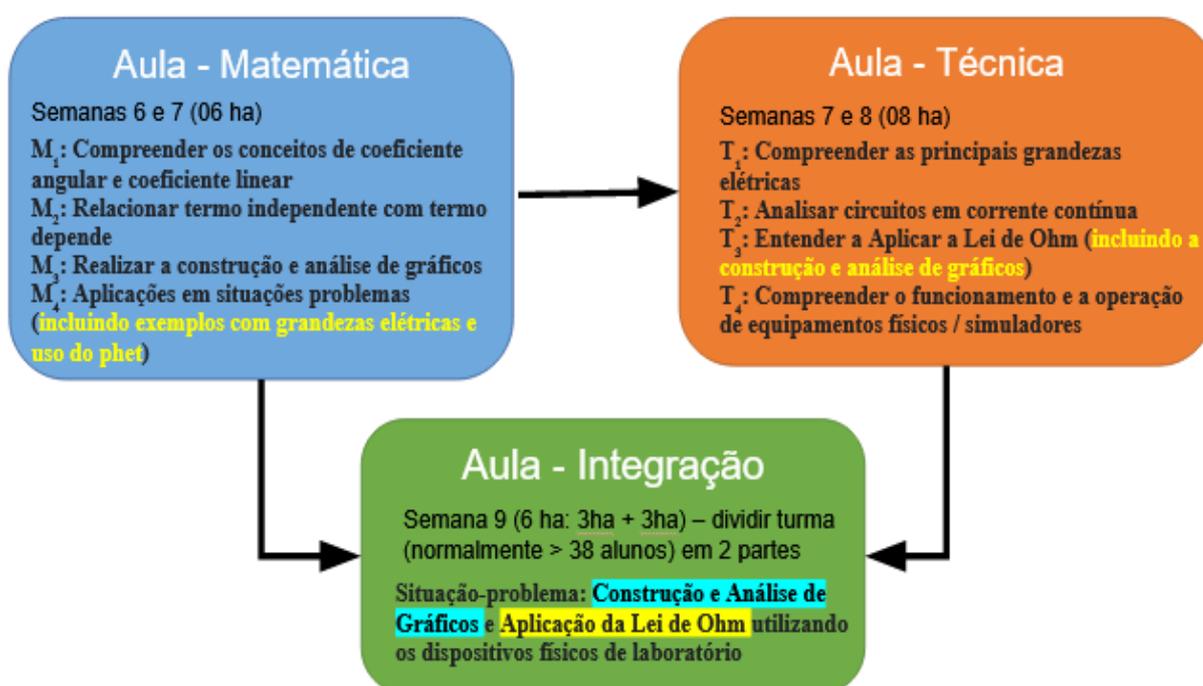
Obs.: cada hora/aula (ha) possui duração de 45 minutos.

Carga horária da OI interdisciplinar

Aqui, consideramos as possibilidades de, em uma mesma semana, a aula de matemática ser ministrada antes ou depois das aulas das disciplinas técnicas, o que pode ser ajustado, a depender do horário letivo. De qualquer forma, a sequência de aulas é iniciada com a matemática. A OI interdisciplinar terá uma carga horária total de 20 horas/aula, sendo vivenciada em 4 semanas consecutivas de aula.

Como estrutura para esse modelo de aulas, as quais se darão **presencialmente**, propomos a divisão em três blocos, sendo o primeiro relativo às aulas de matemática (AM1 e AM2, disciplina de **Matemática I**); o segundo bloco às aulas das disciplinas técnicas (TF1 e TF2, **Fundamentos de Eletroeletrônica**; TI1 e TI2, **Instrumento de Medidas**); e o terceiro bloco relativo à aula integrada.

A implementação das aulas de matemática e das disciplinas técnicas se dará na seguinte ordem: AM1, TF1, TI1, AM2, TF2, TI2, totalizando 14 ha. Cada uma delas ocorrerá no horário de sua respectiva disciplina. Por fim, para a vivência da aula integrada a turma será dividida em duas partes. A vivência de uma metade da turma ocorrerá no horário da disciplina de Matemática I, e a outra metade no horário da disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica, ambas com carga horária de 3 ha. Esta divisão foi pensada considerando a estrutura do laboratório de informática e a assistência a ser dada aos estudantes.



- 06 ha de Matemática + 08 ha de disciplinas técnicas (3 primeiras semanas)
- 06 ha de abordagem integrada, sendo 03 ha para cada parte da turma (4ª semana)

A aula final, denominada **integrada**, é o cerne desta orquestração instrumental. Embora receba este nome, a integração é iniciada nos encontros dos blocos anteriores

OBJETIVOS GERAIS

Objetivos matemáticos:

- M₁: Compreender os conceitos de coeficiente angular e coeficiente linear
- M₂: Relacionar termo independente com termo dependente
- M₃: Realizar a construção e análise de gráficos
- M₄: Aplicações em situações problemas também do contexto técnico (incluindo exemplos com grandezas elétricas e uso do *phet*)

Objetivos técnicos:

- T₁: Compreender as principais grandezas elétricas
- T₂: Analisar circuitos em corrente contínua
- T₃: Entender e aplicar a Lei de Ohm (incluindo a construção e análise de gráficos)
- T₄: Compreender o funcionamento e a operação de equipamentos físicos / simuladores

SITUAÇÃO-PROBLEMA APRESENTADA

Após definição dos objetivos de aprendizagem relativos a cada uma das áreas (matemática e técnica), foi pensada uma situação-problema, de natureza técnico-matemática, a ser proposta na aula integrada.

Objetivo da situação: construir/analisar graficamente a curva *Corrente Elétrica x Tensão* para resistores elétricos no contexto da Lei de Ohm, considerando o uso de equipamentos e instrumentos de laboratório (fontes elétricas, multímetros, componentes resistivos, matriz de contatos, fios) e os conhecimentos matemáticos sobre função afim.

Artefatos: régua, papel milimetrado, calculadora, resistores, multímetro, fonte de tensão.

Enunciado: *Considerando a fonte de tensão, os resistores, multímetro(s) e demais dispositivos disponibilizados:*

a) meça a corrente elétrica que se estabelece em cada um dos resistores a partir da variação de tensão escolhida;

b) anote o valor teórico do resistor a partir do código de cores;

c) defina o domínio da função a partir da resistência e da potência do resistor;

d) escolha um intervalo de variação da tensão (0- $V_{m\acute{a}x}$) e preencha a tabela com os dados medidos;

e) construa o gráfico $i \times V$ (corrente \times tensão) para cada um dos resistores;

f) selecione dois pontos de cada gráfico e calcule o coeficiente angular;

g) determine o valor medido do resistor a partir do coeficiente angular;

h) calcule o erro entre o valor medido e o valor teórico do resistor;

i) faça um breve relato sobre suas percepções entre o estudo de Função Afim e a Lei de Ohm.

Análise a priori da situação

Para resolver a situação, o estudante precisará, previamente, da descrição de alguns artefatos a serem utilizados, como resistor, fonte, instrumentos de medição e configurações. A intenção é que estas informações sejam discutidas no decorrer das aulas técnicas anteriores à aula integrada.

A situação proposta deve ser disponibilizada em folha de papel, com delimitação de um tempo de 3 horas-aula (equivalente a 2 horas e 15 minutos) para resolvê-la. Também será necessária a participação do técnico de laboratório para auxiliar o professor de eletroeletrônica no que for necessário quanto ao manuseio dos artefatos profissionais e auxílio aos estudantes, como normalmente ocorre nas disciplinas técnicas mais práticas.

Em relação à construção do gráfico da função linear, o assunto pode ser trabalhado anteriormente com os alunos, de preferência na aula de matemática, com ênfase no uso do papel milimetrado. O mesmo pode ser dito em relação aos outros conteúdos implícitos, tanto matemáticos quanto técnicos: devem ser trabalhados anteriormente nas disciplinas da forma mais relacionada possível, para que a aula integrada seja uma interseção de todos os tópicos trabalhados em ambas as áreas, uma consolidação do aprendizado.

DESCRIÇÃO DAS AULAS

SEMANA 6 DO II BIMESTRE (1ª semana de implementação)

1. Aula 1 de matemática (AM1)

Configuração didática

Duração: 3 ha

Local: sala de aula convencional.

Conteúdos: Definição da função afim; compreensão da relação entre os termos (dependente, independente); apresentação e estudo dos coeficientes linear e angular (com ênfase na relação tangencial do coeficiente angular).

Artefatos: quadro, piloto, *datashow*, calculadora, papel, lápis.

Gestão dos sujeitos: o professor de matemática estará à frente da sala, utilizando o quadro branco, piloto e projeção de slides. Os alunos estarão em suas cadeiras, em fileiras, individualmente, como de costume. A eles será permitido o uso de calculadora, além de lápis e papel para as atividades. O professor de eletroeletrônica estará presente como ouvinte, e poderá acrescentar o que achar pertinente.

Modo de execução

O professor de matemática vai apresentar uma situação problema que retrate uma função afim (fora do contexto técnico) e a partir dela definir os elementos da função (domínio, imagem, termos dependente e independente e sua relação, coeficientes angular e linear, raiz da função, comportamento linear da função, forma de reta, etc.). Ao tratar do coeficiente angular, irá enfatizar sua obtenção por meio da relação tangencial entre as grandezas representadas na ordenada e abscissa da função, uma vez que este aspecto possui destaque no contexto da Lei de Ohm. Depois, o professor de matemática resolverá alguns exemplos e solicitará aos estudantes que solucionem algumas questões referentes ao conteúdo.

Ao final da aula, os professores disponibilizarão aos alunos o link do simulador para que possam explorá-lo, explicando como o artefato será utilizado nas próximas aulas (de ambas as disciplinas).

SEMANA 7 DO II BIMESTRE (2ª semana de implementação)

2. Aula 1 de Fundamentos de Eletroeletrônica (TF1)

Configuração didática

Duração: 3 ha.

Local: sala de aula convencional.

Artefatos: quadro, piloto, *datashow*, multímetro, resistor, papel, lápis.

Conteúdos: definição de corrente elétrica, tensão, resistência e potência elétrica; estudo dos conceitos de circuito aberto e circuito fechado e de técnicas para medição de grandezas elétricas.

Gestão dos sujeitos: o professor da disciplina técnica estará à frente da sala, utilizando o quadro branco, piloto e projeção de slides para algumas explicações. Os alunos estarão em suas cadeiras, em fileiras. O professor de matemática estará presente como ouvinte, e poderá destacar o que achar pertinente, com ênfase na abordagem matemática.

Modo de execução

O professor da disciplina técnica fará uma revisão sobre o modelo do átomo, discutindo os conceitos de carga elétrica e trabalho. Em seguida, apresentará as definições de corrente elétrica e tensão, suas unidades e subunidades. Fará exposição do conceito de circuito elétrico e medidores (em particular as funções de amperímetro, voltímetro, ohmímetro), com debate sobre os conceitos de nó, ramo e malha e das ideias de circuito aberto e fechado. Em seguida, apresentará os conceitos de resistência, conversão de energia (elétrica em térmica) e potência elétrica, com exemplificação, seguido de uma análise conceitual e algébrica da potência como função da tensão e da corrente. Por fim, resolverá alguns exercícios relativos aos conteúdos apresentados.

3. Aula 1 de Instrumentos de Medidas (TI1)

Configuração didática

Duração: 1 ha

Local: laboratório de eletroeletrônica.

Artefatos: bancada, multímetros, cabos, *protoboard*, resistor, fonte de alimentação.

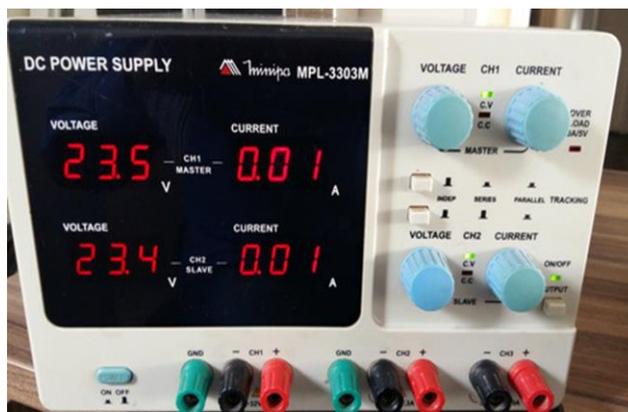
Conteúdos: estudo de fontes elétricas e instrumentos de medição.

Gestão dos sujeitos: os alunos estarão dispostos em duplas nas bancadas do laboratório (ou em trios, se necessário), equipadas com os dispositivos a serem utilizados. O professor da

disciplina técnica conduzirá as atividades, explicando as funcionalidades de cada artefato e guiando, com suporte de técnico de laboratório e/ou monitor, os estudantes ao utilizá-los. O professor de matemática estará presente como ouvinte, e poderá destacar o que achar pertinente.

Modo de execução

Inicialmente, o docente apresentará a fonte elétrica MPL 3303M, as características dos terminais (GND, +, -), formas de operação (*tracking: Indep, Series, Parallel*), tipos de conectores (banana, jacaré), configurações (VOLTAGE, CURRENT) e ajustes (uso de potenciômetros), habilitação de saída (OUTPUT ON/OFF), descreverá as informações sobre o visor digital, canais (CH1, CH2, CH3) e limites operacionais (máxima tensão e corrente fornecidas).



Em seguida, fará explicações relativas à configuração e ao uso do multímetro como Voltímetro (medição de tensão) e como Amperímetro (medição de corrente elétrica), incluindo seleção de cabos, escolha e conexão no instrumento, seleção de grandeza e técnica de utilização em circuitos. A cada etapa o professor guiará os alunos quanto à utilização desses artefatos. Prevemos que alguns estudantes apresentem mais facilidade quanto ao manuseio dos artefatos. Neste caso, estes ficam responsáveis, também, por auxiliar os colegas que têm mais dificuldade.

4. Aula 2 de Matemática (AM2)

Configuração didática

Duração: 3 ha

Local: sala de aula convencional.

Conteúdos: Construção e análise de gráficos da função afim; apresentação e resolução de situações-problemas; apresentação de conceitos elétricos (resistência, corrente, tensão) e como se relacionam na Lei de Ohm; introdução ao Phet/CCK para simulação de Circuitos Elétricos, com uso do papel milimetrado para construção dos gráficos.

Artefatos: quadro, piloto, *datashow*, calculadora, papel, lápis, papel milimetrado, simulador virtual, celular.

Gestão dos sujeitos: o professor de matemática estará à frente da sala, utilizando o quadro branco, piloto e projeção de slides. Os alunos estarão em suas cadeiras, em fileiras, individualmente, como de costume. A eles será permitido o uso de calculadora, além de lápis e papel para as atividades e papel milimetrado fornecido pelo professor. O professor de eletroeletrônica estará presente, complementando as explicações e sanando as dúvidas relativas ao simulador e aos conteúdos elétricos.

Modo de execução

O professor de matemática apresentará um gráfico de função afim, por meio de uma situação-problema resolvida de contexto geral. Em seguida, lembrará como construir o gráfico de uma função afim utilizando o papel milimetrado, o qual será fornecido a cada estudante (em aulas anteriores de matemática – sobre plano cartesiano, relações e a parte introdutória do conteúdo de funções – o professor de matemática já terá orientado os alunos quanto ao uso do papel milimetrado, ao trabalhar a construção de gráficos). Após a construção do gráfico, fará uma relação da função afim com a Lei de Ohm, inicialmente discorrendo sobre alguns conceitos elétricos (resistência, corrente, tensão), e revisando algumas unidades de medidas (ohms, ampère, volts).

Em seguida, utilizará a plataforma *Phet* (simulador CCK), projetando no quadro branco, em tempo real, sua montagem do circuito. O foco se dará nos circuitos elétricos e na construção de gráficos, destacando a relação entre a Lei de Ohm e a função afim linear. Os alunos poderão reproduzir as construções utilizando o simulador pelo celular, e a todos será solicitado que esboce, no papel milimetrado, o gráfico da função que representa o circuito montado na projeção feita pelo professor. Ao final desta atividade, será solicitado aos estudantes, como exercício para casa, que montem um circuito similar no simulador virtual (para valores diferentes de resistência e potência, fornecidos pelos professores), construam o gráfico correspondente no papel milimetrado e enviem foto do produto pela sala virtual do *Google Classroom*. A opção de envio pela plataforma é para que ambos os professores tenham acesso à construção e para que os estudantes possam refletir a respeito dos possíveis erros, nos encontros seguintes, consultando o material quando necessário ou até mesmo fazendo modificações.

SEMANA 8 DO II BIMESTRE (3ª semana de implementação)

5. Aula 2 de Fundamentos de Eletrônica (TF2)

Configuração didática

Duração: 3 ha.

Local: sala de aula convencional.

Artefatos: quadro, piloto, *datashow*, resistor, simulador, papel, lápis.

Conteúdos: estudo da Lei de Ohm e análise de circuitos em corrente contínua.

Gestão dos sujeitos: o professor da disciplina técnica estará à frente da sala, utilizando o quadro branco, piloto e projeção de slides para algumas explicações. Os alunos estarão em suas cadeiras, em fileiras. O professor de matemática estará presente como ouvinte, e poderá destacar o que achar pertinente.

Modo de execução

Inicialmente, o professor de eletroeletrônica falará da relação entre tensão e corrente elétrica em resistores, debatendo sobre a diferença entre resistor ôhmico e não ôhmico. Em seguida, definirá e mostrará aspectos gráficos e algébricos da Lei de Ohm, discutindo as relações entre corrente, tensão e resistência. Para guiar essa discussão, utilizará um simulador virtual (Ohm's Law/PHET – https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ohms-law). Por fim, fará uma análise teórica da Lei de Ohm em circuitos elétricos resistivos, dando alguns exemplos.

6. Aula 2 de Instrumentos de Medidas (TI2)

Configuração didática

Duração: 1 ha

Local: laboratório de eletroeletrônica.

Artefatos: bancada, multímetros, cabos, *protoboard*, resistor, fonte de alimentação.

Conteúdos: construção de circuitos elétricos e uso de instrumentos de geração e medição de grandezas.

Gestão dos sujeitos: os alunos estarão dispostos em duplas nas bancadas do laboratório (ou em trios, se necessário), equipadas com os dispositivos a serem utilizados. O professor da disciplina técnica conduzirá as atividades, explicando as funcionalidades de cada artefato e

guiando, com suporte do técnico de laboratório e/ou monitor, os estudantes ao utilizá-los. O professor de matemática também estará presente, como ouvinte, destacando o que achar pertinente.

Modo de execução

Inicialmente, o docente apresentará o *protoboard* e os conceitos de nó e malha utilizando recursos de montagem. Em seguida, mostrará aos estudantes como construir circuitos resistivos elementares, realizando testes por meio do uso de fontes e instrumentos de medição. Ele guiará os estudantes na utilização dos artefatos. Prevemos que alguns estudantes apresentem mais facilidade quanto ao manuseio dos artefatos. Neste caso, estes ficam responsáveis, também, por auxiliar os colegas que têm mais dificuldade.

Ao final da aula, o professor falará brevemente sobre a aula integrada que ocorrerá na semana seguinte, especificando quais artefatos do laboratório serão utilizados e dando as instruções necessárias.

SEMANA 9 DO II BIMESTRE (4ª semana de implementação)

7. Aula integrada

Configuração didática

Duração: 3 ha (por grupo de alunos).

Local: laboratório de eletroeletrônica.

Artefatos: bancada, multímetros, cabos, *protoboard*, resistor, fonte de alimentação, régua, lápis, papel milimetrado, calculadora. Os artefatos do laboratório serão testados previamente pelo professor de eletroeletrônica e o técnico de laboratório, a fim de evitar possíveis imprevistos.

Conteúdos: Lei de Ohm e função afim.

Gestão dos sujeitos: a turma do integrado será dividida em duas partes, para otimizar o suporte dado no laboratório, com no máximo 20 alunos. Uma parte da turma vivenciará esta aula no horário da aula de matemática, e a outra parte no horário relativo à disciplina de Fundamentos de Eletroeletrônica, na mesma semana. Os estudantes estarão dispostos em duplas nas bancadas do laboratório, as quais já estarão equipadas com os dispositivos a serem utilizados. Ambos os professores (de matemática e de eletroeletrônica) estarão presentes guiando as atividades, sanando as dúvidas em cada um dos respectivos contextos (técnico e

matemático). Também estarão presentes o técnico de laboratório e os monitores das disciplinas (se disponíveis), dando o suporte necessário.

Modo de execução

Inicialmente, os professores irão apresentar os objetivos pretendidos com o encontro integrado, e o enunciado da situação a ser proposta em papel impresso. O professor de eletroeletrônica irá relembrar detalhes referentes aos artefatos a serem utilizados, já disponibilizados nas bancadas (resistores, modelos de multímetros, etc.), dando suporte aos estudantes ao longo da atividade junto com o técnico em laboratório e o monitor da disciplina técnica, caso esteja presente. Ele também se disponibilizará, junto com o professor de matemática, a solucionar as dúvidas dos discentes quanto aos conteúdos técnico e matemático e à relação entre eles, na medida em que se sentirem confortáveis em cada área do conhecimento.

Aqui prevemos a possibilidade de os estudantes solicitarem a ajuda específica de um dos docentes, que pode não sentir segurança para sanar aquela determinada dúvida. Neste caso, o professor pode convidar o colega da outra área para debaterem juntos a questão. Prevemos, também, que o trabalho em duplas favoreça a interação dos estudantes e que minimize as dúvidas que possam surgir.