



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DEIVE BARBOSA ALVES

**MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA  
DIGITAL: UMA PERSPECTIVA DE EDUCAR PELA PESQUISA NO  
CURSO DE TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE INTEGRADO AO  
ENSINO MÉDIO**

Uberlândia  
2017

DEIVE BARBOSA ALVES

**MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL: UMA  
PERSPECTIVA DE EDUCAR PELA PESQUISA NO CURSO DE TÉCNICO EM  
MEIO AMBIENTE INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, para processo de defesa, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo José de Souza Júnior

Uberlândia  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

A474m  
2017 Alves, Deive Barbosa, 1978-  
Modelagem matemática no contexto da cultura digital : uma perspectiva de educar pela pesquisa no curso de técnico em meio ambiente integrado ao ensino médio / Deive Barbosa Alves. - 2017.  
280 f. : il.

Orientador: Arlindo José de Souza Júnior  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Educação.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2017.14>  
Inclui bibliografia.

1. Educação - Teses. 2. Pesquisa educacional - Teses. 3. Ensino técnico - Teses. 4. Ensino técnico - Teses. I. Souza Júnior, Arlindo José de. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Educação. III. Título.

DEIVE BARBOSA ALVES

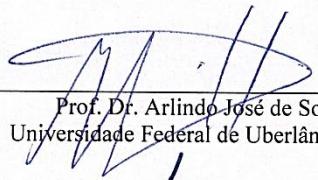
**MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA  
DIGITAL: UMA PERSPECTIVA DE EDUCAR PELA PESQUISA NO  
CURSO DE TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE INTEGRADO AO  
ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, para o processo de defesa, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Uberlândia, 29 de Agosto de 2017

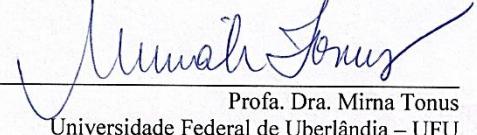
Banca Examinadora

  
Prof. Dr. Arlindo José de Souza Júnior  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

  
Prof. Dr. João Frederico da Costa Azevedo Meyer  
Universidade de Campinas - UNICAMP

  
Profa. Dra. Roberta Modesto Braga  
Universidade Federal do Pará - UFPA

  
Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

  
Profa. Dra. Mima Tonus  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Uberlândia  
2017

*Dedico esta tese à:*

*Minha filha Valentina e minha esposa, Laura,  
amo muito vocês duas e são minha força nos  
momentos difíceis;*

*Ao meu pai, Avenir, e minha mãe, Euripia, por  
dar-me a vida e me ensinar a vivê-la com  
dignidade;*

*Aos meus irmãos, Wellington e Ademir, e suas  
esposas e filhos pelo apoio e diversão;*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus não só pelos caminhos iluminados, mas principalmente por ele ter me dado à sabedoria em percebê-los.

A Valentina, minha filha, com muito amor. Sua curiosidade e energia me inspira

A Laura, minha esposa, com amor e alegria, seus sorrisos iluminam os meus dias. Sem seu companheirismo eu nada seria.

Aos meus pais, Avenir e Eurípia que muito lutaram para me dar educação, vocês são meus heróis de todos os dias.

Aos meus irmãos e suas famílias pelos momentos de descontrações e apoio.

À família de minha esposa por sempre nos acolher tão calorosamente e pelas diversas ajudas nessa caminhada.

Ao sábio Arlindo José de Souza Júnior, mais do que um orientador, um descobridor de talentos e amigo cujo apoio foi essencial para a realização dessa pesquisa.

Ao meu amigo e irmão Fernando da Costa Barbosa, sempre disposto a ajudar, um grande ser humano que me inspira em ser uma pessoa melhor.

Ao professor Alex Medeiros de Carvalho, amigo e companheiro de luta com quem muito aprendo.

Aos meus amigos Mário Lúcio Alexandre e Kelen Cristina Pereira de Souza que nos momentos bons e ruins estão sempre lá, pessoas do calibre de vocês são raras e, por isso, agradeço a amizade e o carinho.

Aos amigos Douglas Carvalho, Camila e Diogo, sempre ajudando.

Ao amigo Douglas Fonseca, parceiro de trabalho e de sonhos em fazer o mundo um lugar melhor

Ao James e do pessoal da secretaria, da pós-graduação pela cordialidade e amizade, sempre nos recebendo com um sorriso, isso faz muita diferença nos dias difíceis.

Ao professor João Frederico da Costa Azevedo Meyer pela energia, por compartilhar sua sabedoria e por participar da avaliação deste texto.

À professora Roberta Modesto Braga participar da avaliação deste texto e que possamos abrir novos diálogos.

Ao professor Eduardo Kojy Takahashi pela participação da qualificação e, agora, da defesa. Fico muito feliz!

À Prof. Mirna Tonus pela aceitação em interagir conosco nesse final de trabalho.

À amiga Vanessa de Paula Cintra pelos momentos de diálogos e descontração.

Aos professores e funcionários do Programa de Mestrado em Educação da Universidade Federal de Uberlândia pela paciência e diálogos que comigo tiveram.

Aos alunos do Curso de Meio Ambiente do IFTM que com carinho aceitaram participar dessa pesquisa

Aos companheiros Jean Carlos e Eliton Meireles por serem uma referência e pelas ajudas desde a graduação.

Aos outros amigos que por hora não me recordo, mas que estiveram lá quando precisei.

Ao povo brasileiro, pois com parte de seus impostos a CAPES financiou boa parte deste estudo.

A todos vocês meu muito obrigado e minha eterna gratidão, que nestes escritos eu possa honrar a amizade, carinho e o amor que cada um teve comigo.

*A vida refloresce todos os dias, como é bom estar  
vivo! Adaptado de Mônica e Joni.*

## RESUMO

Nesta investigação, o tema central é a autoria, ou seja, os caminhos produtivos da Cultura Digital para se trabalhar a Educação Matemática. Procuramos estudar essa temática a partir da investigação e análise do curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio, desenvolvido pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro, por meio das produções realizadas pelos alunos, em projetos de iniciação científico-tecnológicos para a 12<sup>a</sup> edição da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. A problemática que motivou os estudos partiu da necessidade de compreender como a Modelagem Matemática de projetos de protótipos favorece ou promove uma fluência científica-tecnológica de alunos de um curso técnico de meio ambiente, no contexto da Cultura Digital. Buscamos a experiência, os sentidos e significados que os alunos deram ao modo como produziram, bem como aos produtos que criaram. A pesquisa caracteriza-se pela abordagem qualitativa, na qual adotamos como natureza do estudo os preceitos da Pesquisa Participante, pois ela tem a finalidade de trabalhar numa perspectiva da práxis, entrelaçando os saberes do cotidiano à produção do conhecimento científico. Foram tomados como instrumentos para produção de informações e reflexões os questionários aplicados a nove participantes, com o objetivo de conhecer a Cultura Digital dos investigados, possibilitando vislumbrar os significados e sentidos que os alunos dão às tecnologias digitais no curso de Meio Ambiente e no cotidiano. A pesquisa possibilitou entender que as produções dos pesquisados são produtos do aprendizado matemático, o qual foi alicerçado nos processos de Educar pela Pesquisa na perspectiva da Modelagem Matemática, que os alunos usaram para produzir protótipos. A análise documental nos mostrou as redes de informação e produção de tecnologia que o curso de Meio Ambiente propõe para que os alunos possam produzir tecnologias voltadas à profissão deles. Documentos que, em conjunto com fotografias e notas de campo, ajudaram a compreender que existiu uma práxis criadora dos participantes ao produzir um Regador Automático, uma Descarga Digital e um Chuveiro Inteligente, os quais foram implementados pelo trabalho educativo com a Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital, em quatro etapas: “A Modelagem Matemática da Eletrônica”; “A Modelagem Matemática do Design do Protótipo”; “A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo” e “A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo”. Os resultados mostram que, uma forma de implementar o trabalho educativo é pela práxis criadora da Modelagem Matemática enquanto pesquisa científico-tecnológica no contexto da Cultura Digital. Dessa forma, estudam-se não apenas informações perceptíveis, mas produz-se novas informações que antes eram imperceptíveis, o que possibilitou aos alunos educarem-se pela pesquisa numa práxis da Modelagem Matemática.

**Palavras-chave:** Autoria, Cultura Digital, Ensino Médio, Ensino Técnico, Modelagem Matemática.

## ABSTRACT

In this research, the central theme is authorship, that is, the productive paths of Digital Culture to work in Mathematics Education. We study this subject from the analysis of a production in projects of scientific and technological initiation carried out by the students of the Technical Course on Environment Integrated to High School, offered by the Federal Institute of Triângulo Mineiro, through the productions carried out by the students, in projects of scientific and technological initiation for the 12th edition of National Science and Technology Week. The problematic that motivated the studies started from the need to understand how the Mathematical Modeling of prototype projects favors or promotes a scientific-technological fluency of students of a technical course of environment, in the context of the Digital Culture. Seeking experience, the meanings and meanings the students gave to the way they produced, as well as the products they created. The research is characterized by the qualitative approach, in which we adopt as the nature of the study the precepts of the Participating Research since it has the purpose of working in a praxis perspective, interweaving the daily knowledge to the production of scientific knowledge. The questionnaires applied to nine participants were taken as instruments for the production of information and reflections, with the purpose of knowing the Digital Culture of the investigated ones, allowing glimpsing the meanings and senses that the students give to the digital technologies in the course of Environment and in life. The interview made it possible to understand that the productions of the researched are products of mathematical learning, which was based on the processes of Educate through Research in the perspective of Mathematical Modelling, which the students used to produce prototypes. The documentary analysis showed us the networks of information and technology production that the Environment course proposes so that the students can produce technologies geared to their profession. Documents that, together with photographs and field notes, helped to understand that there was a creative praxis of the participants when creating an Automatic Watering system, a Digital Water Flush and an Intelligent Shower, which were implemented by the educational work with Mathematical Modelling in the context of Digital Culture, in four stages: "The Mathematical Modelling of Electronics"; "The Mathematical Modelling of Prototype Design"; "The Mathematical Modelling of the Prototype Implementation" and "The Mathematical Modelling of the Prototype Simulation". The results show that one way of implementing educational work is the creative praxis of Mathematical Modelling as scientific-technological research in the context of Digital Culture. In this way, not only perceptible information is studied, but also new information that previously was imperceptible is produced, which allowed the students to be educated by the research in a praxis of Mathematical Modelling.

**Keywords:** Authorship, Digital Culture, high school, Technical Education, Mathematical Modelling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mudança no currículo Lattes .....	19
Figura 2 – Mapa do capítulo 2 .....	31
Figura 3 – A desconstrução de conceitos .....	35
Figura 4 – A sociedade em rede .....	37
Figura 5 – A construção do conceito cultura digital.....	47
Figura 6 – Fases da Modelagem Matemática com objetivo de aprender a fazer pesquisa.....	71
Figura 7 – Ilustração das fases da Modelagem.....	74
Figura 8 – Modelos diagramáticos de redes de comunicação de dados .....	97
Figura 9 – A composição da rede IFTM .....	99
Figura 10 – A composição da rede curricular do Curso Técnico em Meio Ambiente.....	101
Figura 11 – Horta do IFTM – Campus Uberlândia.....	109
Figura 12 – Aquisição de componentes do Regador Automático .....	111
Figura 13 – Rede local de autoria do grupo “Árvore da vida-iftm” .....	112
Figura 14 – Caixa de Vidro e conjunto de reparo universal.....	114
Figura 15 – Rede local de autoria do grupo “Natureza Blue” .....	115
Figura 16 – Rede local de autoria do grupo “Water World 2015” .....	118
Figura 17 – Grupo de desenvolvimento do Arduino .....	119
Figura 18 – Rede global Arduino .....	122
Figura 19 – Semana Multidisciplinar de 2015.....	126
Figura 20 – Ciência Viva 2015.....	130
Figura 21 – Premiação da Semana Multidisciplinar e do Ciência Viva 2015 .....	134
Figura 22 – Modelo simbólico de díodo e LED .....	145
Figura 23 – Modelo simbólico de díodo e LED .....	146
Figura 24 – Código de cores para determinação do valor da resistência elétrica.....	148
Figura 25 – Cálculo da resistência elétrica.....	148
Figura 26 – Circuito elétrico com Fonte elétrica e resistor .....	149
Figura 27 – Fontes elétricas a partir do Arduino .....	150
Figura 28 – Placa de Ensaio .....	153
Figura 29 – Projeto LED no software Autodesk Circuitos.....	154
Figura 30 – Conceitos criados por Kirchhoff .....	156
Figura 31 – IDE do Arduino.....	158
Figura 32 – Programação para ligar LED no Arduino .....	159

Figura 33 – Gráfico da tensão elétrica em função do tempo .....	163
Figura 34 – Produção de dejetos sólidos e líquidos em um período de trinta dias.....	167
Figura 35 – Funções do Excel para obter a média dos dejetos.....	169
Figura 36 – Medidas da caixa acoplada de um vaso sanitário.....	170
Figura 37 – Definição de pirâmide .....	170
Figura 38 – Modelo geométrico da caixa acoplada, medidas em centímetro (cm) .....	171
Figura 39 – Pirâmide retangular da caixa acoplada com medidas em centímetro (cm).....	173
Figura 40 – Kit de reparo MASTERFLUsX Censi para caixa acoplada.....	174
Figura 41 – Modelo geométrico dos mecanismos da caixa acoplada .....	175
Figura 42 – Consumo de água da tecnologia do aparelho sanitário, supondo igualdade entre volume de água para limpar dejetos sólidos e líquidos .....	177
Figura 43 – Consumo de água da tecnologia do aparelho sanitário, supondo igualdade entre volume de água para limpar dejetos sólidos e líquidos .....	179
Figura 44 – Leitura do banho em um período de trinta dias.....	183
Figura 45 – Triângulo de Potências.....	190
Figura 46 – Consumo máximo do chuveiro elétrico .....	192
Figura 47 – Consumo máximo do chuveiro inteligente .....	193
Figura 48 – Consumo de água do chuveiro inteligente .....	194
Figura 49 – Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED .....	197
Figura 50 – Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED .....	200
Figura 51 – Programação do Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED .....	202
Figura 52 – Sensor de umidade de solo .....	203
Figura 53 – Programação do sensor de umidade de solo .....	204
Figura 54 – Circuito elétrico para ligar bomba d’água.....	206
Figura 55 – Programação do sensor de umidade para ligar a bomba d’água .....	207
Figura 56 – Teclado matricial.....	210
Figura 57 – Funcionamento do Teclado matricial 4x4.....	212
Figura 58 – Circuito Teclado 4x4.....	213
Figura 59 – Conhecendo o servomotor 9g SG90 .....	215
Figura 60 – Customização da caixa acoplada.....	217
Figura 61 – Consumo de água do chuveiro inteligente .....	218
Figura 62 – Protótipo que simula o chuveiro inteligente.....	219
Figura 63 – Programação do sensor de umidade para ligar a bomba d’água .....	221

Figura 64 – Teste de funcionamento do sensor de umidade para ligar a bomba d’água.....	223
Figura 65 – Protótipo da Descarga Digital .....	225
Figura 66 – Releitura da Tese.....	236

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

Quadro 1 – Palavras-chave.....	23
Quadro 2 – Lista de autores com os quais houve produção de saberes em Educação Matemática .....	26
Quadro 3– Locais da produção bibliográfica e técnica .....	27
Quadro 4 – Autores contra e a favor da sociedade da informação .....	34
Quadro 5 – Características do Ensino por descobrimento dirigida.....	52
Quadro 6 – Características da Investigação dirigida.\.....	53
Quadro 7 – Características do Trabalho de Investigação .....	54
Quadro 8 – As características do Ensino por pesquisa.....	56
Quadro 9 – Características do Educar pela pesquisa.....	58
Quadro 10 – Características da Investigação escolar .....	60
Quadro 11 – Momentos do processo de investigação .....	64
Quadro 12 – As categorias de análise Agne (2013).....	68
Quadro 13 – Momentos do processo de investigação .....	83
Quadro 14 – Cronograma de uso dos instrumentos de produção de dados.....	93
Quadro 15 – Dados sobre tempo, no chuveiro, produzidos por seis pessoas .....	186
Tabela 1– Itens Avaliativos .....	129
Tabela 2– Entrada e Saída dos pinos analógicos .....	152
Tabela 3– Dados sobre dejetos sólidos e líquidos produzidos por seis pessoas.....	168
Tabela 4– Dados sobre tempo, no chuveiro, produzidos por seis pessoas .....	184

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
C&T	Ciência e Tecnologia
CEFETPB	Centro Federal de Educação Tecnológica de Paraíba
CEP	Pesquisas Com Seres Humanos
CMC	Comunicação Mediada Por Computador
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
EPP	Educar Pela Pesquisa
ESEBA	Escola de Educação Básica de Ufu
FEICON	Feira de Conhecimentos
FIC	Formação Inicial e Continuada de Trabalhadores
FNP	Feira de Novos Produtos
IFS	Institutos Federais
IFTM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
KM	Quilômetros
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
LTDA	Limitada
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MEC	Ministério de Educação
OA	Objetos de Aprendizagem
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico
PACTO/MG	Programa de Apoio Científico e Tecnológico aos Assentamentos de Reforma Agrária do Triângulo Mineiro
PP	Pesquisa Participante
PROEJA	Educação de Jovens e Adultos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio ás Micro e Pequenas Empresas
SEED	Secretaria de Educação a Distância
SNCT	Semana Nacional de Ciência e Tecnologia
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 O CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL EM UMA SOCIEDADE EM REDE .....	33
2. 1 As Teorias da informação.....	33
2. 2 Manuel Castells: a Sociedade em Rede .....	36
2. 3 Charlie Gere: a Cultura Digital .....	45
3 O EDUCAR PELA PESQUISA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL .....	51
3. 1 As cinco propostas que vislumbram promover a cultura científica em sala de aula .....	52
3. 2 A cultura científica em sala de aula na Educação Matemática.....	62
3. 2. 1 <i>A Investigações matemáticas na sala de aula .....</i>	62
3. 2. 2 <i>O Educar Pela Pesquisa na Educação Matemática.....</i>	67
4 SOBRE OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA .....	75
4. 1 O Modelo de Investigação Social chamado Pesquisa Participante.....	76
4. 2 O Espaço de Pesquisa e os Sujeitos da Pesquisa.....	78
4. 3 Instrumentos para Produção de Informações .....	86
4. 3. 1 <i>Notas de Campo.....</i>	86
4. 3. 2 <i>Fotografias .....</i>	87
4. 3. 3 <i>Documentos Produzidos na Pesquisa.....</i>	88
4. 3. 4 <i>Questionários.....</i>	89
4. 3. 5 <i>Entrevistas não Diretivas .....</i>	89
4. 3. 6 <i>A Análise das Informações .....</i>	94
5 A IMPLEMENTAÇÃO DO TRABALHO EDUCATIVO COM MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL NO CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE INTEGRADA AO ENSINO MÉDIO DO IFTM .....	96
5. 1 O Contexto da Produção dos Alunos do Curso de Meio Ambiente.....	96
5. 1. 1 <i>A Composição da rede do IFTM e do Curso de Meio Ambiente .....</i>	98
5. 2 A Produção dos Alunos do Curso de Meio Ambiente.....	107
5. 2. 1 <i>Os projetos produzidos .....</i>	107
5. 2. 2 <i>Os resultados do processo de produção dos projetos .....</i>	124

<b>5.3 O Processo de Produção de Protótipos.....</b>	143
<i>5.3.1 A Modelagem Matemática da Eletrônica .....</i>	145
<i>5.3.2 A Modelagem Matemática do Design do Protótipo .....</i>	160
<i>5.3.3 A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo .....</i>	195
<i>5.3.3 A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo.....</i>	220
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	229
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	239
A .....	239
B .....	240
C .....	242
D .....	243
E.....	244
F.....	245
G .....	246
H .....	246
I.....	246
J.....	247
K .....	247
L.....	248
M.....	248
N .....	250
O .....	251
P.....	251
Q .....	252
R .....	252
S .....	253
T .....	255
U .....	255
V .....	255
X .....	255
W .....	255
Z.....	256
<b>APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO.....</b>	257

APÊNDICE 02 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: REGADOR AUTOMÁTICO .....	261
APÊNDICE 03 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: DESCARGA DIGITAL .....	263
APÊNDICE 04 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: CHUVEIRO INTELIGENTE .....	264
APÊNDICE 05 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: REGADOR AUTOMÁTICO .....	265
APÊNDICE 06 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: DESCARGA DIGITAL .....	270
APÊNDICE 07 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: CHUVEIRO INTELIGENTE .....	275
APÊNDICE 08 – PERGUNTAS DA ENTREVISTA .....	279

## 1 INTRODUÇÃO

“Um dia a gente chega  
E no outro vai embora  
Cada um de nós compõe a sua história  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
E ser feliz”  
(SATER, 1988)

### A Constituição de um percurso de vida no Contexto da Cultura Digital

Usarei a estratégia de iniciar meus dizeres por aspectos de minha trajetória profissional enquanto professor de Matemática, da formação inicial ao exercício da profissão, na tentativa de relacionar a importância da busca de um saber comprehensivo, social, histórico, cultural e relacional com uma trajetória pessoal. Mas, é preciso pensar que uma tese é um trabalho metódico, em que, para se construir um “objeto”, tem a particularidade de ser denotativa, objetiva e, por isso, escrita em um formato dissertativo-argumentativo. É preciso perceber, no entanto, que a construção de uma investigação advém de escolhas: problema, bases filosóficas, métodos, técnicas, entre outras. Elas, as escolhas, são subjetivas, pois são realizadas segundo nossas crenças, valores, gostos, preferências e as teorias que acreditamos ser as adequadas para nosso entendimento de mundo. Por isso, a interpretação dos fatos se faz segundo o olhar com o qual projetamos a nossa realidade, as concepções e experiências que nos guiam (GIL, 2012; HERNÁNDEZ, 1998).

Abordo tais aspectos na perspectiva da produção. Segundo Lombardi (2011), a categoria modo de produção é central para a explicação da própria existência humana, bem como das relações que estabelecem com a natureza e com as outras pessoas, das formas diferentes de se organizar e dos conhecimentos científicos mais diversos. A partir dessa perspectiva, divido a produção em três: os registros, o trabalho coletivo e os locais de produção.

Quando menciono produção, pauto-me em Marx (2008) para esclarecer que a definição de produção é: a apropriação da qualidade essencial do objeto pelo indivíduo, no interior dele e por meio de uma determinada forma de sociedade. Note, pela definição, que, ao mesmo tempo em que a produção cria o objeto, cria também o sujeito para o objeto e cria naquele a necessidade do que foi produzido (LOPES, 1999). Desse ponto de vista, um sujeito pode ser conhecido pelo que produz, ou ainda, pelas habilidades e competências daquilo que consegue produzir. A veracidade dessa constatação está no fato de nossa sociedade registrar tais

produções, habilidades e competências, do sujeito, em um documento padrão chamado de *curriculum vitae* ou simplesmente currículo, o registro do percurso profissional de uma pessoa.

No âmbito acadêmico, esse é diferenciado, específico e há um padrão nacional para o registro da vida pregressa e atual dos estudantes, professores e pesquisadores do país. O currículo Lattes, por “sua riqueza de informações e sua crescente confiabilidade e abrangência, se tornou elemento indispensável e compulsório à análise de mérito e competência dos pleitos de financiamentos na área de ciência e tecnologia” (CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq, 2015a, p. 1).

Segundo o CNPq (2015b), o currículo Lattes é um formulário padrão para registro dos currículos dos pesquisadores brasileiros. No ano de 1999, foi lançado e padronizado como o formulário de currículo a ser utilizado no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia e no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com os objetivos de: avaliação curricular do pesquisador; base de dados para seleção de consultores e especialistas; e geração estatística sobre a distribuição da pesquisa científica no Brasil. Em julho de 2005 contou com uma comissão de avaliação, composta por pesquisadores de diversas áreas, que teve como função avaliar, reformular e aprimorar a ferramenta, com a finalidade de aperfeiçoá-la às novas necessidades da sociedade e corrigir possíveis desvios. Mas, segundo o CNPq (2015b, p.1) qualquer usuário pode fazer essa avaliação: “[as] críticas e sugestões consideradas necessárias, devem ser encaminhadas ao CNPq que adotará as iniciativas necessárias para que as mesmas sejam utilizadas como refinamento para outras mudanças”. Conclui-se, então, que o currículo Lattes, por sofrer constantes mudanças e estar na *internet*, é, hoje, um formulário dinâmico e *on-line* para registro da vida profissional do pesquisador brasileiro.

Em Currículo Lattes (2015a) a afirmação de que o formulário é estruturado em módulos, os quais, em 2015, são doze: Dados Gerais, Formação, Atuação, Projetos, Produção, Patentes e Registros, Inovação, Educação e Popularização de Ciência e tecnologia (C&T), Eventos, Orientações, Bancas e Citações. No intuito de comprovar a dinamicidade do formulário, a Figura 1 mostra a comparação dos módulos em 2009 com os atuais.

Figura 1 – Mudança no currículo Lattes



Fonte: Currículo Lattes (2015a e 2015b).

Segundo o Portal Brasil (2012), essas alterações ocorreram em 2012 e foram apresentadas na 64ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), com o prenúncio de registrar as produções feitas na área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). O CNPq (2015c) nomeou essas mudanças de currículo Lattes 2.0. Para nós, uma referência à World Wide Web (web) 2.0, uma vez que essa tem como característica diferenciada permitir que seus usuários sejam protagonistas na produção de textos, aplicativos, simuladores etc., na internet. Essa referência não é ao acaso, pois se pauta nos novos campos de produção técnica, como, por exemplo, a possibilidade de inclusão das produções feitas em *websites* e *blogs*, bem como a forma de contato do usuário, como Google Talk, Yahoo Messenger, Skype, e o cadastro de *sites* de relacionamento, como Facebook, LinkedIn, Twitter, FollowScience e Academia.Edu.

Uma das mudanças mais significativas foi a inclusão do Módulo Educação e Popularização de C&T, e do campo Extensão tecnológica, pois, além de valorizarem a interação entre Educação, Ciência e Tecnologia, eles também valorizam as ações de interação entre sociedade e meio acadêmico, o que é corroborado pelos dizeres do secretário de Ciência e Tecnologia para inclusão social, Oswaldo Baptista Duarte Filho: “Quem banca todos os recursos investidos em ciência e tecnologia [C&T] é a população, que tem que se beneficiar disso. O nosso trabalho é justamente facilitar que o conhecimento saia [de trás] dos muros das universidades e chegue onde as pessoas vivem” (PORTAL BRASIL, 2013, p. 1). Porém, esse discurso é restringido ao observarmos os dizeres do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE) em que a extensão tecnológica ocorre

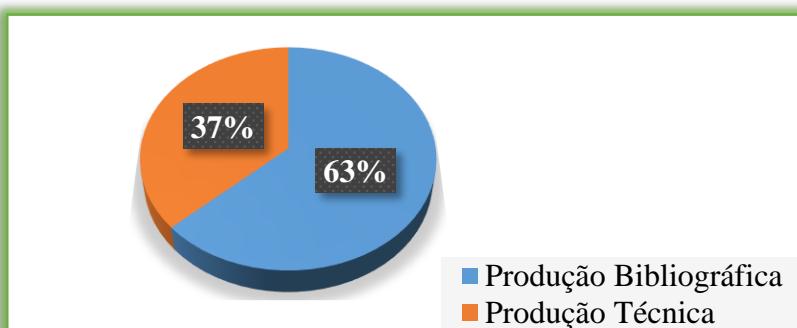
[...] quando universidades, empresas e governo estabelecem um elo, criando ambiente de estímulo a processos de inovação para pequenas e micro empresas. Acontece pela integração entre laboratórios, centros de ensino e de pesquisa regionais e a criação de produtos e serviços, gerando empreendimentos sustentáveis (SEBRAE, 2012, p.1).

Ao analisar os dois dizeres, verifiquei que, independentemente da abrangência de ser aberto a toda sociedade, como mostra a citação do secretário, ou de ser restrito às empresas, como visto na citação do SEBRAE, ambos os discursos almejam saberes que sejam úteis à vida. Dessa análise, um objetivo específico para esta pesquisa é: mostrar que a escola é um local para se fazer extensão tecnológica. A importância de mostrar tal fato está em unir a escola com a ação de produzir saberes e produtos, pois são nesses que há materialização/identificação do ser humano, que, por uma construção histórica da escola entrelaçada ao trabalho, no Brasil, tem sintetizado o que produz no currículo Lattes.

Criam-se nele relatórios gráficos das produções do sujeito, de duas formas diferentes: uma dentro da edição do currículo, por um botão chamado Gráfico; e outra na busca textual (CURRÍCULO LATTES, 2015c). Nos dois encontrei erros: no primeiro, não constava parte das produções técnicas, como, por exemplo, as produções de “Desenvolvimento de material didático ou instrucional”. No segundo, misturaram-se informações das produções bibliográficas com as produções técnicas, como a “Apresentação de trabalho e palestra”, essa é cadastrada na produção bibliográfica, mas no relatório da busca textual apareceu na produção técnica.

Por erros desse tipo, pautei-me nesses dois modelos para criar uma terceira forma de relatório das produções bibliográficas e produções técnica, isso em uma planilha eletrônica. Desconsidero outras produções que por ventura possam conter em outros módulos, como, por exemplo, o módulo de Orientação, pois foquei nas produções que aparentemente são separadas por terem maior característica teórica, a produção bibliográfica, pois ela tem publicações de textos teóricos, e outra mais prática, a produção técnica, pois ela tem saberes práticos e da prática, como, por exemplo, o desenvolvimento de material didático ou instrucional, a confecção de Blogs, entre outros. Assim, em Alves (2015), referência *on-line* de meu currículo Lattes, verifica-se as Produções Técnica e Bibliográfica, O Gráfico 1 mostra as porcentagens delas.

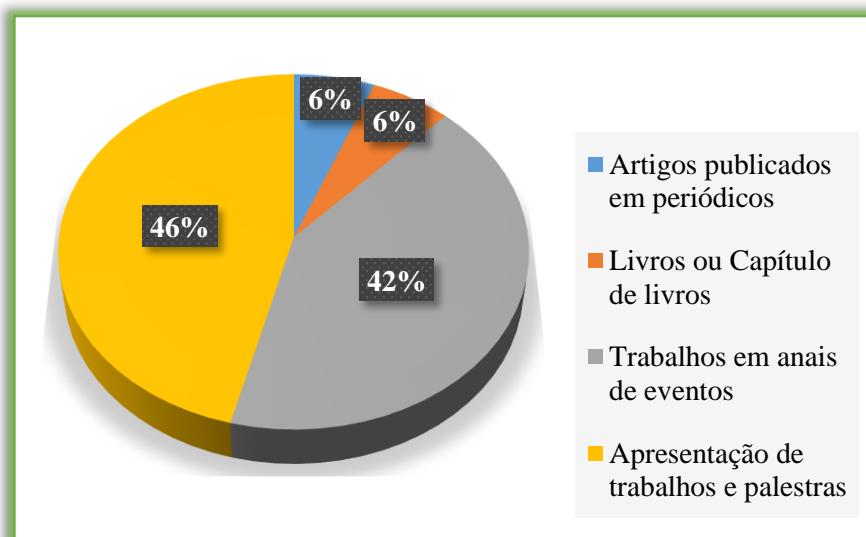
Gráfico 1 – Tipos de produção



Fonte: Alves (2015).

Embora, enquanto profissional, busque uma interação entre a produção prática e produção teórica no registro delas, há uma assunção à teórica em detrimento da prática, pois as 79 produções registradas no Lattes têm a essência de ser 63% teóricas e 37% práticas. Dos 63% da produção bibliográfica, que representa 50 produções, três são artigos publicados em periódicos, três são capítulos de livros, 21 são trabalhos publicados em eventos e, 23 apresentações de trabalhos. Estes valores são vistos em porcentagem no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Produção bibliográfica

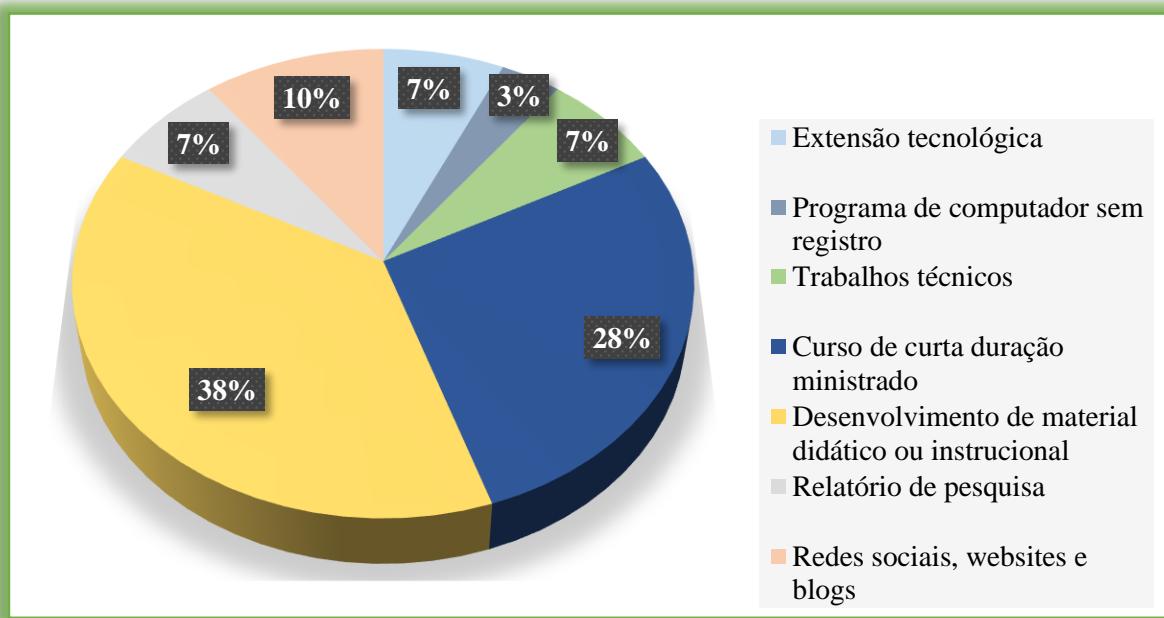


Fonte: Alves (2015).

Observa-se que as Produções Bibliográficas são concentradas em: Trabalho publicado em anais (42%) e Apresentação de Trabalho (46%). Esse é um tipo de produção curiosa, uma vez que traz a produção entrelaça à socialização do saber em eventos. Dessa constatação, afirmo que a definição de produção que proferimos nos parece estar condicionada a uma curiosidade investigativa, pois posso ir a tais eventos para: ir à praia, participar das festas típicas locais, namorar, entre outras coisas; isto é, aprender outros saberes que não aqueles de minha profissão, ao qual o evento está associado.

Os 37% de Produções Técnicas representam 29 produções sendo: oito de cursos de curta duração, onze desenvolvimentos de material didático ou instrucional, dois relatórios de pesquisa, três *websites* e *blogs*, duas extensões tecnológica, um programa de computador sem registro e, por fim, dois trabalhos técnicos. Tais valores são vistos em porcentagem no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Produção técnica



Fonte: Alves (2015).

Observa-se que as produções técnicas são concentradas em: cursos de curta duração (28%) e desenvolvimento de material didático ou instrucional (38%). Mas vê-se que, da forma como as apresento, tanto nessas produções como nas Produções Bibliográficas, não há como saber o que são, pois não há descrição do que foi produzido nos gráficos. Para isso, faz-se necessário buscar no currículo Lattes as palavras-chave contidas nas referidas produções. Elas são termos que descrevem o que foi produzido, por isso nossa compreensão delas como elemento qualificador da produção contida no currículo. Uma produção pode ter mais de uma palavra-chave e pode ocorrer que o usuário não coloque nenhuma em sua produção. Nesses casos, usa-se o título como descritores qualitativos<sup>1</sup> da produção. Nos dois tipos de produções de meu currículo, há: 140 para as produções bibliográficas e 71 para as produções técnicas. O Quadro 1 mostra a quantificação em unidades, porcentagens e datas das palavras-chave encontradas.

<sup>1</sup> Qualidade aqui entendida como uma propriedade que determina a essência de um ser ou coisa.

Quadro 1 – Palavras-chave

Palavras-chave	Produção Bibliográfica			Produção Técnica		
	Unidades	Porcentagens	Datas	Palavras-chave	Unidades	Porcentagens
<b>Modelagem Matemática</b>	41	29,29%	15/13/11/10/07/06/05/04	<b>Modelagem Matemática</b>	9	12,68%
<b>Educação Matemática</b>	37	26,43%	13/11/10/09/06/05/04	<b>Educação Matemática</b>	17	23,94%
<b>Objetos de Aprendizagem</b>	22	15,71%	13/11/10/09/06/04	<b>Objetos de Aprendizagem</b>	17	23,94%
<b>Cultura Digital</b>	10	7,14%	15/13/10/09	<b>Cultura Digital</b>	9	12,68%
<b>Etnomatemática</b>	15	10,71%	07_06_05	<b>Etnomatemática</b>	3	4,23%
<b>Formação de Professores</b>	2	1,43%	13_05_15	<b>Formação de Professores</b>	1	1,41%
<b>Inclusão Digital</b>	1	0,71%	2006	<b>Inclusão Digital</b>	1	1,41%
<b>Educação Digital</b>	3	2,14%	15/14	<b>Simulação</b>	2	2,82%
<b>Laboratórios de Informática</b>	2	1,43%	13	<b>WebQuest</b>	3	4,23%
<b>Oficina de Prática Pedagógica</b>	1	0,71%	11	<b>Ensino de Química</b>	4	5,63%
<b>Interatividade</b>	4	2,86%	10	<b>Tecnologia Educacional</b>	3	4,23%
<b>Alfabetização Digital</b>	2	1,43%	06_05	<b>Librasnet</b>	2	2,82%
<b>Total</b>	140	100,00%		<b>Total</b>	71	100,00%

Fonte: Alves (2015).

Essa tabela mostra que, entre os anos de 2004 à 2015, as palavras-chave mais usadas foram: modelagem matemática, educação matemática, objetos de aprendizagem, cultura digital. Como o caráter da produção bibliográfica é o saber teórico e o da técnica é o caráter do saber da prática, vê-se que, nessas, houve uma postura de dialogia entre a reflexão e a prática, tanto pela consolidação quantitativa das palavras-chave quanto por sua qualidade de terem caráter teórico e prático. Elas não são só reflexões que vão virando blá-blá-blá, e tampouco só produções da prática (produtos) que vão virando ativismo (FREIRE, 2011), pois houve uma dialogia entre ambas. Há, ainda, outros termos que têm uma relação entre os dois tipos de produção, mas aparecem esporadicamente e, com isso, não se consolidando como linha de atuação. Existem, também, aquelas que estão em um só tipo de produção, ou bibliográfica ou técnica. Sobre essas nada posso afirmar, pois são produções com caráter de prática ou teórica e não essas em si. Desse ponto de vista, esses quatro termos me condicionam enquanto profissional da educação que atua e reflete sobre modelagem matemática, objeto de aprendizagem e cultura digital na educação matemática.

A fim de esclarecer os termos que condicionam minha percepção de ler e atuar no mundo, começo por educação matemática, que, segundo Kilpatrick (1996, p. 119), é “uma matéria universitária e uma profissão. É um campo de academicismo, pesquisa e prática. Mais

do que meramente artesanato ou tecnologia, ela tem aspectos de arte e ciência". Desse ponto de vista a Educação Matemática se caracteriza

[...] como processo imerso na totalidade concreta e se desenvolve a partir de pensamentos matemáticos. Através dela se pretende dar conta de um conjunto de práticas ligadas à justificação e à argumentação, com base na perspectiva das relações sociais manifestadas na realidade concreta. [...]

Embora a Matemática se caracterize pela abstração e formalismo, o conhecimento matemático é reforçado através das interações entre o indivíduo e o meio (SILVA, 2007, p. 10).

Entrelaçado a tais dizeres está a palavra-chave modelagem matemática, que vem de produções como: "Modelagem Matemática: Construindo Casas com Recursos Computacionais", "Modelagem Matemática em uma Escola de Zona Rural: Experiências e Reflexões sobre o Cotidiano", "Modelagem Matemática nos Assentamentos da Reforma Agrária", entre outras. Essa, entrelaçada com a anterior, aponta que minhas escolhas e produções não se baseiam em resolver qualquer coisa, mas sim confrontar o mundo real com a matemática para ler e transformá-lo. Esses fatos levam-nos à definição de Bassanezi (2002, p. 16), ao escrever que a "Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real". O autor afirma, ainda, que ela tanto é um método científico quanto uma estratégia de ensino-aprendizagem.

A outra palavra-chave é objetos de aprendizagem (OA) que está em produções como: "Elementos para a Produção de Objetos de Aprendizagem de Matemática"; "O papel da modelagem matemática na construção de Objetos de Aprendizagem"; "A Produção de Objetos de Aprendizagem por Alunos da Universidade"; entre outras. A expressão objetos de aprendizagem é usada para atividades multimídias, interativas, na forma de animações e/ou simulações voltadas à educação ou, segundo Wiley (2000, p. 1), é "qualquer recurso digital que possa ser reutilizado e ajude na aprendizagem". Para nós, ele passou a ser uma produção que conta a história de um modelo matemático na internet.

Por fim, o termo cultura digital é recente e indefinido, contudo em 2012, em minha dissertação de mestrado (ALVES, 2012), pautado em Gere (2008), vislumbrei-a como uma representação por símbolos do conteúdo social. Já Andrade (2015) afirma que o conceito dela

[...] algumas vezes é restrita ao uso de tecnologias no cotidiano, porém para aqueles que estão vivenciando este tema no dia a dia, compreendem que o significado vai além, cultura digital é um comportamento colaborativo, conectado, horizontal em que cada indivíduo tem o poder de agir na ponta dos dedos (ANDRADE, 2015, p. 1).

Outra conceituação é dada por Deuze (2005), em que ela é: um conjunto de valores, práticas e expectativas em relação à forma como as pessoas agem e interagem em uma sociedade em rede<sup>2</sup>. As conceituações não estão a dizer que a cultura digital é melhor ou pior do que outros tipos de culturas, ela só é diferente no processo de produção e nela, embora reconheça as diferenças, não há, contudo, uma separação entre ciência, tecnologia e cultura, pois na cultura digital comprehende-se que ciência e tecnologias são, em essência, culturais. Esse fato muda o comportamento humano (DEUZE, 2005; CULTURADIGITAL.BR, 2011).

Desse contexto, hoje, o centro de gravidade do meu entendimento de mundo está condicionado aos termos discutidos. Aliás, eles são mais que termos; são áreas de investigação. Áreas dinâmicas e, por isso, evoluem em mim e comigo. Essa evolução dinâmica ocorre por praticar e refletir com outros sujeitos e em outros espaços o ato de produzir dispositivos para ler e transformar o mundo. Esse agir com o outro, para produzir conteúdo social, nos leva a explorar a segunda instância de minha trajetória que é o trabalho coletivo, uma vez que as 79 produções bibliográficas e técnicas, registradas no Lattes, têm como característica serem produções de pelo menos dois sujeitos. Os autores citados em Alves (2015) são mostrados no Quadro 2. Na busca textual do currículo, existe uma quantificação gráfica do total de artigos por coautor, no entanto os valores lá apresentados não correspondem aos valores internos registrados na plataforma. Dos 51 coautores registrados na plataforma, foram apresentados só três na busca textual. Logo, não é confiável o uso da quantificação feita na busca textual; usase, então, ou a contagem dos coautores trabalho a trabalho, ou a ferramenta interna da plataforma. A essa última só o proprietário do currículo tem acesso.

---

<sup>2</sup> “[...] digital culture can be seen as an emerging set of values, practices and expectations regarding the way people (should) act and interact within the contemporary network society” (DEUZE, 2005, p. 1).

Quadro 2 – Lista de autores com os quais houve produção de saberes em Educação Matemática

Número de Produção	Autores com quem produzi registros sobre investigação de saberes em Educação Matemática
1	ALVES, T. S.; AMORIM, L. G. K. M.; ANDRADE, A. S.; AQUINO, W. T.; ARAUJO, J.; BERNARDES, T. C.; BITAR, L.; BRAGA, P. H. C.; CARDOSO, L. S.; CASAGRANDE, B.; CRUZ, N. D.; FARIA, M. N.; FLOR, R. R.; FREITAS, A. C. C. de; GOMES, R. M.; GOMES, R. V.; GUIMARÃES, G. N.; GUIMARÃES, L. da C.; LEMOS, J. C.; NOGUEIRA, D. A.; PEREREIRA, M. M.; RESENDE, N. R.; ROSSI, A. R.
2	BERNARDES, M. B. F. A.; CAMARGOS, F. R.; CINTRA, V. P.; GONCALVES, A. H.; MARIN, D.; MIRANDA, M. C.; REIS, E. L.; SILVA, A. M.; SILVA, J. C. da; SOUZA, V. A.; VIEIRA, A. C.
3	JAFELICE, R. S. M.; MEYER, J. F. C. A.; MOURA, E. M.; MOURAO, M. P.; SILVA, S. F.
4	CARDOSO, R. R.; CARVALHO, A. M.; FERNANDES, M. A.; SILVA, R. M. G.
8	BARBOSA, F. C.
10	LOPES, C. R.
11	ALEXANDRE, M. L.
12	MENEZES, D. C.
24	ARAÚJO, R. E. C. de
58	SOUZA JUNIOR, A. J.

Fonte: Alves (2015).

Esse número de autores citados se deve às áreas de investigação a que me referi: educação matemática, objeto de aprendizagem, modelagem matemática e cultura digital, em que a prática não se faz individualmente, pois em todas elas há a necessidade do diálogo. Tal diálogo segue o lema de considerarmos teoria e prática como partes constitutivas mútuas de um todo e, é natural que a teoria que faço de uma prática coletiva seja também coletiva, contudo se não convido esse coletivo que pratica comigo a teorizar sobre ela corre-se o risco de haver a exploração de um sujeito pelo outro, pois esses se veem naquilo que fazem (CORTELLA, 2009).

Souza Júnior (2000), ao investigar, na educação matemática, o trabalho de um grupo de professores universitários para ensinar cálculo, teve a sensibilidade de perceber que o diálogo (interação) entre os indivíduos do grupo era fundamental para a produção e socialização dos saberes profissionais. À época, ele compreendeu esse fato como um privilégio do espaço que se constituía pelo trabalho coletivo com a informática, pois essa relação cria ambientes que

[...] contribuem para a criação de um espaço muito rico de aprendizagem individual e coletiva no qual o indivíduo, através de suas ideias, reflexões e saberes, contribui com o desenvolvimento do trabalho coletivo e, por outro lado, o fato do indivíduo participar de um trabalho coletivo, que produziu e acumulou saberes, possibilitou também um espaço de aprendizagem para os professores e alunos (SOUZA JÚNIOR, 2000, p. 291).

Esses espaços constituídos pelo trabalho coletivo com a informática, são ricos em aprendizagem, pois são espaços de produção, eles são a terceira e última instância de minha trajetória. O problema é que o currículo Lattes não apresenta uma relação dos espaços de produção com as produções bibliográficas e/ou técnicas. Contudo, há como registrar no Lattes os locais em que a produção foi constituída. São três módulos: Formação, Profissional e Projetos. Temos ainda os anos de permanência nos espaços de produção. O Quadro 3 mostra que os espaços em que atuei foi uma mescla de: aluno de Universidade; programador em empresa de tecnologia; docente na área Educação Matemática; e aprendiz de pesquisador em projetos de iniciação científica na universidade.

Quadro 3– Locais da produção bibliográfica e técnica

Local	Nome	Ano
Formação	Graduação	2001-2006
	Mestrado	2010-2012
	Doutorado	2013-2017
Profissional	Empresa de tecnologia Araújo e Araújo	2006-2007
	Empresa de tecnologia Araújo e Araújo	2009-2009
	Escola de Educação Básica da UFU - ESEBA	2007-2009
	Escola Municipal Odilon Custódio Pereira - EMOCOP	2012-2012
	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM	2012-2013
Projetos	Programa de Apoio Científico e Tecnológico aos Assentamentos de Reforma Agrária do Triângulo Mineiro - PACTo	2004-2006
	Projeto de desenvolvimento tecnológico: Author - Ferramenta para o desenvolvimento de WebQuest	2006-2007
	Projeto de desenvolvimento tecnológico: LIBRASNET - Criação de Material de didático para o ensino da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) via web.	2009-2010

Fonte: Alves (2015).

Um maior significado desse quadro é obtido se incorporarmos a ele a informação da quantidade de produções bibliográfica e técnica contida em Alves (2015). Saberemos, assim, que:

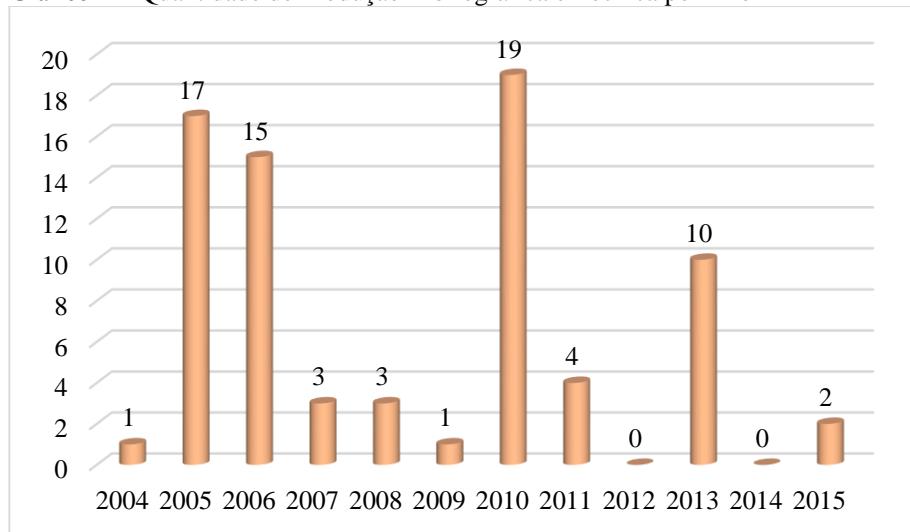
- a) Em 2004 houve uma produção;
- b) Em 2005 houve 17 produções;
- c) Em 2006 houve 15 produções;
- d) Em 2007 houve três produções;
- e) Em 2008 houve três produções;
- f) Em 2009 houve uma produção;
- g) Em 2010 houve 19 produções;

- h) Em 2011 houve quatro produções;
- i) Em 2013 houve 10 produções;
- j) Em 2015 houve duas produções.

Ao unir o Quadro 3 e a quantificação acima, observa-se que os projetos de pesquisa formam excelentes espaços de produções, uma vez que em tais espaços se constituíram 56 produções bibliográfica e técnica, o que representa aproximadamente 75% de tudo o que foi produzido no período de 2004 a 2015. Esse alto índice se deve aos projetos de pesquisa: “Programa de Apoio Científico e Tecnológico aos Assentamentos de Reforma Agrária do Triângulo Mineiro - PACTo/MG”; “AUTHOR - Ferramenta para o desenvolvimento de WebQuest” e; “LIBRASNET - Curso de Libras via Web”.

O primeiro criou um espaço de produção que buscava promover o desenvolvimento sustentável dos assentamentos de reforma agrária do Triângulo Mineiro através de ações integradas de apoio científico e tecnológico nas áreas de produção, saúde e educação, com métodos participativos e parcerias interinstitucionais. Já o segundo, buscava a construção de um *software* para a criação de WebQuest. Essa é uma “proposta metodológica para o uso da Internet de forma criativa. A Webquest é uma atividade investigativa onde as informações com as quais os alunos interagem provêm da internet” (BRASIL, 2015, p.1). O terceiro buscou criar um ambiente de simulação para o ensino da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) pela *internet*, com uma gramática própria, de forma contextualizada, com o uso de frases e imagens. Pode-se, então, fazer uma relação entre as datas e as quantidades de produção bibliográficas e técnicas (Gráfico 4), para percebermos com mais nitidez as variações das produções ao longo dos anos.

Gráfico 4 – Quantidade de Produção Bibliográfica e Técnica por Ano



Fonte: Alves (2015).

Visto que é nos projetos de pesquisa em que as produções de caráter prático e teórico ocorrem, nós profissionais da educação deveríamos sair da “[...] atitude do imitador, que copia, reproduz e faz prova. Deveria impor-se a atitude de aprender pela elaboração própria, substituindo a curiosidade de escutar pela de produzir” (DEMO, 2006, p. 10).

Essa trajetória descrita em registros, trabalho coletivo e locais de produção permitiu-me construir, ao longo dos anos, ferramentas de percepção para reflexões, prática e interações socioculturais. Ferramentas que me permitem ler e transformar o mundo à minha maneira. Tal odisseia pode ser resumida da seguinte forma.

Na graduação (2001 a 2006), desenvolvi pesquisa no Programa de Apoio Científico e Tecnológico aos Assentamentos de Reforma Agrária do Triângulo Mineiro – PACTo/MG no campo da educação matemática e alfabetização digital. Em 2006, fui trabalhar na empresa Araújo & Araújo, LTDA – Megainfo – como desenvolvedor de *software*, mais precisamente como Flash Programming desenvolvendo o Librasnet – curso para a aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais, via *web*. E também no desenvolvimento do *software* AUTHOR – ferramenta para o desenvolvimento de WebQuest. Nos anos de 2006 e 2007, obtive dois prêmios de produção de objetos de aprendizagem concedidos pelo Ministério da Educação (MEC) por intermédio da Secretaria de Educação a Distância (SEED). No final de 2006, já formado, fui trabalhar como professor substituto na Escola de Educação Básica da UFU (ESEBA) até 2009. Ano em que voltei à empresa Araújo & Araújo, LTDA – Megainfo para fazer melhorias e expansão do *software* Librasnet. Em 2010, saí para ingressar no mestrado em Educação, finalizando-o em 2012. Nesse mesmo ano, trabalhei por seis meses como professor substituto na Escola Municipal Odilon Custódio Pereira. Logo em seguida, fui trabalhar também como professor substituto, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), campus Uberlândia; da qual saí no final de 2013, para ingressar no doutorado em Educação.

As percepções que tive dessa última escola me levaram a compreender que o espaço de pesquisa desta tese não poderia ser outro se não o IFTM, pois, segundo Brasil (2008), os Institutos Federais (IFs)

[...] são instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi, especializados na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos com as suas práticas pedagógicas, nos termos desta Lei (BRASIL, 2008, p. 1).

Em um estudo feito pela câmara dos deputados, Queiroz et al. (2007), afirma que essas instituições são os lugares onde se aprende a vislumbrar o mundo com olhos diferentes, a olhar com olhos de inventor, o que deixa a curiosidade humana aguçada. Os IFs “estão transformando cidades e vidas inteiras, aliando a pesquisa aplicada à solução dos problemas e à exploração dos recursos naturais e das vocações regionais” (QUEIROZ et al., 2007, p. 12).

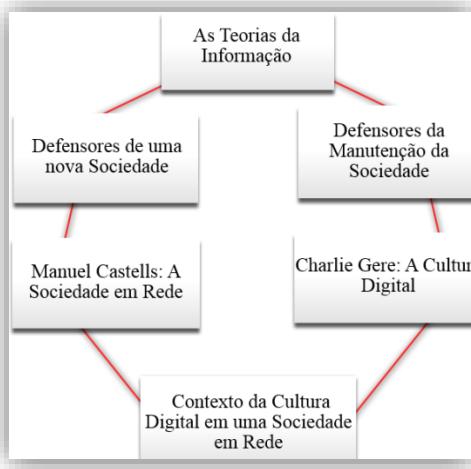
Enquanto professor substituto no IFTM, conheci o curso de técnico em Meio Ambiente, e, por ele ser um local em que a formação técnica usa e cria tecnologia para ler, interpretar e ter ações de transformação dos sujeitos e do mundo em que vivem (IFTM, 2013), é que vislumbramos a necessidade de compreender: **como a Modelagem Matemática de projetos de protótipos favorece ou promove uma fluência científica-tecnológica de alunos de um curso técnico de meio ambiente, no contexto da Cultura Digital?**

Dessa forma objetivo geral nesse trabalho é implementar o trabalho educativo com modelagem matemática no contexto da cultura digital no Curso Técnico em Meio Ambiente Integrada ao Ensino Médio do IFTM. Especificamente vamos:

1. Criar projetos de protótipo no contexto da cultura digital
2. Compreender modelos matemáticos envolvidos na Eletrônica
3. Aplicar o processo de Modelagem Matemática nos projetos criados

Para responder o questionamento da pesquisa, bem como alcançar os objetivos, além desta introdução, na qual busquei a partir das informações da plataforma lattes evidenciar que somos coletivos e que nossas produções também o são, foram construídos mais cinco capítulos. No segundo capítulo, apontamos as mudanças que ocorreram na sociedade a partir da inserção do computador em nosso cotidiano, em especial de como ele mudou a forma como produzimos as coisas e nosso conhecimento. A Figura 2 mostra o mapa desse capítulo.

Figura 2 – Mapa do capítulo 2



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Esse mapa nos mostra que com a inserção do computador na sociedade, formou-se uma teoria da informação, na qual há teóricos que afirmam que o computador trouxe uma nova ordem social. Já outros, afirmam que o computador não trouxe uma nova ordem social, mas sim uma nova maneira de exploração do sistema capitalista. Contudo, são unâimes que o computador trouxe mudanças ao cotidiano social. E nessa mudança há uma necessidade sedenta de invenções e inovações de processos e produtos, sendo que países periféricos, como o Brasil, buscam se adaptar a essa nova realidade.

O terceiro capítulo é feita uma discussão sobre o educar pela pesquisa na educação matemática. Para tal, buscamos informações na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Nela procuramos as dissertações e teses que continham os seguintes termos de busca: educar pela pesquisa, ensino pela/com pesquisa, educação científica, ensino por investigação, ensino baseado em investigação, aprendizagem científica, pesquisa tecnológica, ensino tecnológico, educação tecnológica e educação científica e tecnológica.

No quarto capítulo abordamos a metodologia, a qual adoto a abordagem qualitativa com procedimentos e instrumentos da pesquisa participante. Os instrumentos foram notas de campo, fotografias, questionários e entrevistas não diretivas que nos possibilitaram compreender os documentos produzidos pelos alunos.

O quinto capítulo aborda a produção científico-tecnológica dos grupos pesquisados. Argumenta-se sobre o contexto de produção dos alunos do Curso de Meio Ambiente do IFTM, nessa parte mostramos a estrutura da Rede do instituto e do curso. Depois apresentamos as produções tecnológicas realizadas pelos alunos do referido curso. Em seguida discutimos, nos dizeres dos alunos pesquisados, os resultados do processo de produção dos projetos, logo depois

passamos a argumentar sobre a Modelagem Matemática que os alunos discutiram e aprenderam para desenvolver seus projetos. Após estes cinco capítulos se chega às considerações finais, uma síntese e algumas reflexões sobre este trabalho investigativo.

## 2 O CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL EM UMA SOCIEDADE EM REDE

Pane no sistema, alguém me desconfigurou  
 Aonde estão meus olhos de robô?  
 Eu não sabia, eu não tinha percebido  
 Eu sempre achei que era vivo  
 Parafuso e fluido em lugar de articulação  
 Até achava que aqui batia um coração  
 Nada é orgânico, é tudo programado  
 E eu achando que tinha me libertado  
 (LEONE, 2003)

Este capítulo apresenta reflexões que partem das teorias da informação apresentadas pelo sociólogo Frank Webster, o qual mostra uma dicotomia entre existir ou não uma nova ordem social. Dessa dicotomia, apresentam-se dois teóricos, Castells (1999), defensor de uma nova era – a Era da informação –, e Gere (2008), defensor de uma continuidade da era capitalista. Apesar de tal dicotomia, o intuito deste capítulo é mostrar que o importante não são os argumentos que os separam, mas sim aqueles que os unem: a inserção dos computadores no cotidiano das pessoas trouxe mudanças.

### 2. 1 As Teorias da informação

Segundo os escritos do sociólogo Frank Webster, em seu livro *Theories of the Information Society*, é comum nos indagarmos: qual nosso tipo de sociedade? Como dar sentido às coisas no mundo hoje? Para onde caminha a sociedade em tempos de mudança? Esses questionamentos referem-se à inserção do computador em nossa sociedade e como ele vem modificando nosso cotidiano.

Tais modificações trouxeram uma contradição nos escritos teóricos que buscam explicar o advento do computador em nossas vidas. Segundo Webster (2006) há dois grupos: os primeiros defendem que a inserção do computador e internet no mundo trouxe uma nova ordem social. Contudo, o outro aponta para uma certa ênfase na continuidade social e, consequentemente, não existindo uma nova ordem e sim uma reestruturação social para manutenção do sistema capitalista. O Quadro 4 mostra alguns desses teóricos.

Quadro 4 – Autores contra e a favor da sociedade da informação

<b>Defensores de uma nova sociedade</b>	<b>Defensores da manutenção da sociedade</b>
A teoria neoevolucionista de Daniel Bell	O neomarxismo, como, por exemplo, de Herbert Schiller
O pós-modernismo defendido por: Jean Baudrillard, Mark Poster, Paul Virilio	Teoria da Regulação de Michel Aglietta, Alain Lipietz
A especialização flexível defendida por: Michael Piore e Charles Sabel, Larry Hirschhorn	A acumulação flexível de David Harvey
A sociedade em rede e modo de desenvolvimento informacional de Manuel Castells	A modernização reflexiva de Anthony Giddens
	A esfera pública de Jürgen Habermas e Nicholas Garnham

Fonte: Webster (2006).

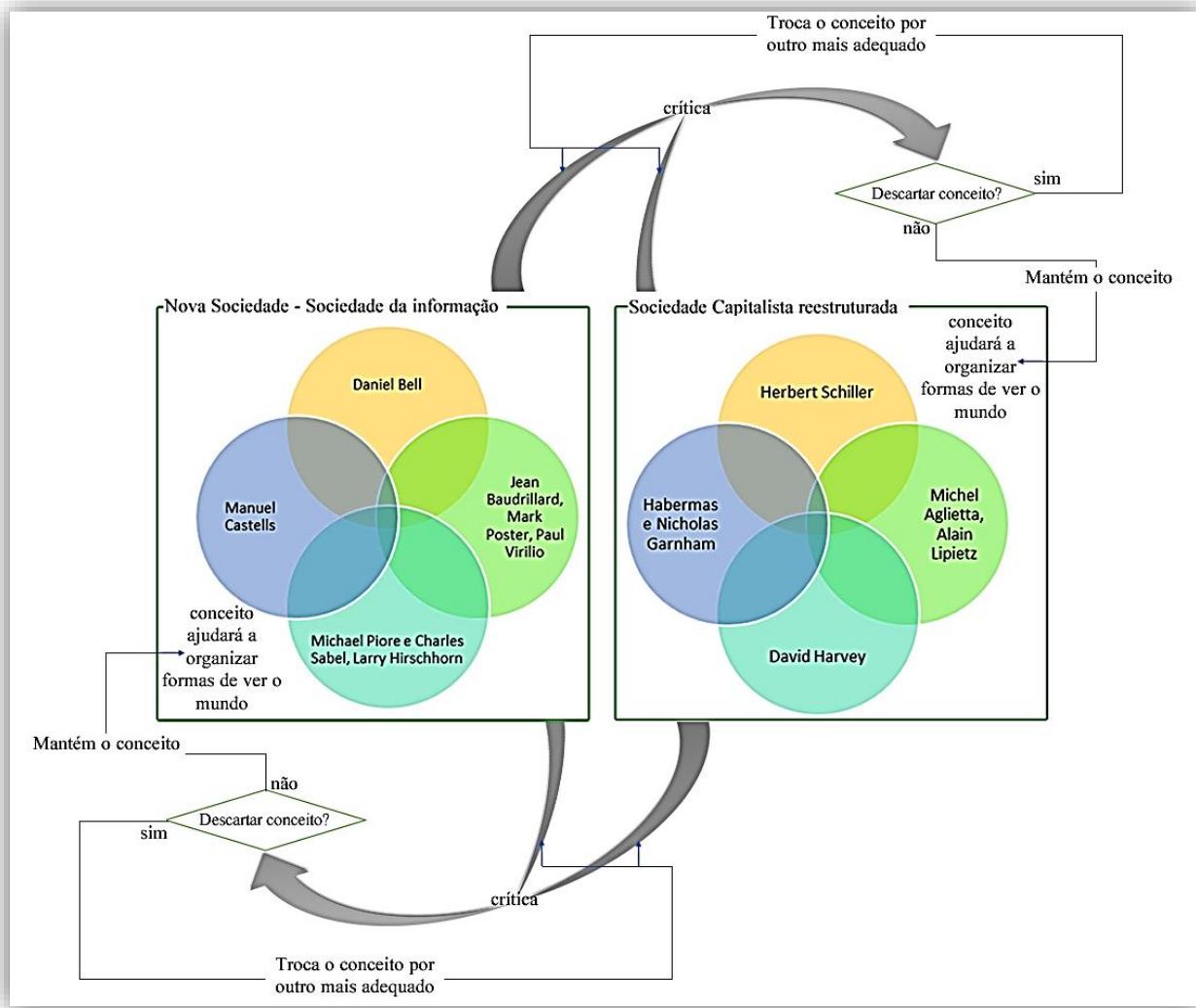
Em geral, há seis maneiras de se identificar a sociedade da informação, e cinco delas se dão pelo acúmulo de um ou de outro dos seguintes fenômenos: a tecnologia, a mudança na ocupação<sup>3</sup>, a economia, o espaço e a cultura. Esses não são mutuamente exclusivos, e as concepções teóricas supracitadas são pautadas como base em avaliações quantitativas de um dos fenômenos supracitados, para argumentar que o aumento de um ou mais deles provoca uma forma qualitativamente diferente de organização social. Já o último, segundo o autor o mais persuasivo deles, refere-se não ao fato de haver mais informação, mas às mudanças no modo em que vivemos por causa da informação. Nesse, argumenta-se que a informática está no cerne de como conduzimos nossos dias (WEBSTER, 2006; WEBSTER, 2002).

Ao identificar os fenômenos e os argumentos das teorias da sociedade da informação, Webster (2006) faz sua crítica pela desconstrução do termo “sociedade da informação”, a qual ele expande aos outros termos de igual significado<sup>4</sup>que buscam mostrar uma nova era social. A Figura 3 mostra nossa compreensão do caminho para a desconstrução de um conceito segundo os escritos do autor supracitado.

<sup>3</sup> Profissão ou ofício exercido pela pessoa.

<sup>4</sup> Webster (2006) argumenta que há outros termos que referem-se à mesma coisa que o termo “sociedade da informação”; alguns são: “era da informação”, “sociedade em rede”, “cibercultura” etc.

Figura 3 – A desconstrução de conceitos



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Para Webster (2006), os dois “universos” são relevantes, embora sejam opostos, pois um representa a continuidade da sociedade no percurso do tempo histórico, e o outro nega afirmando que há uma nova sociedade; deve-se, então, buscar a crítica dos conceitos neles contidos. Qualquer pessoa em um desses dois “universos”, para comprehendê-lo, deve pegar o que se pensa, em um deles, e representa-lo por meio da ferramenta conceito. O passo seguinte é criticar tal conceito no sentido de desconstruí-lo. Se o conceito não resistir às críticas, ele deve ser substituído por outro mais adequado, caso contrário o próprio conceito ajudará a organizar formas de ver o mundo. Essa desconstrução o permite concluir que os conceitos apresentados pelos primeiros teóricos são úteis, uma vez que conceitos são ferramentas para pensar, e, como tal, ajudam a organizar formas de ver o mundo. São eles que nos ajudam a pensar de forma mais clara. Essa clareza no pensar se dá em parte pela crítica daquilo que usamos para originar

nossa compreensão (WEBSTER, 2006). E uma fração dessa crítica é descartar os conceitos que começamos em favor de outros mais adequados.

Contudo, para os que advogam a favor da continuidade social, o mais impressionante são as continuidades dos arranjos sociais e econômicos anteriores para manutenção do poder, controle e o imperativo de lucro que hoje tem mais alcance e intensidade (WEBSTER, 2002).

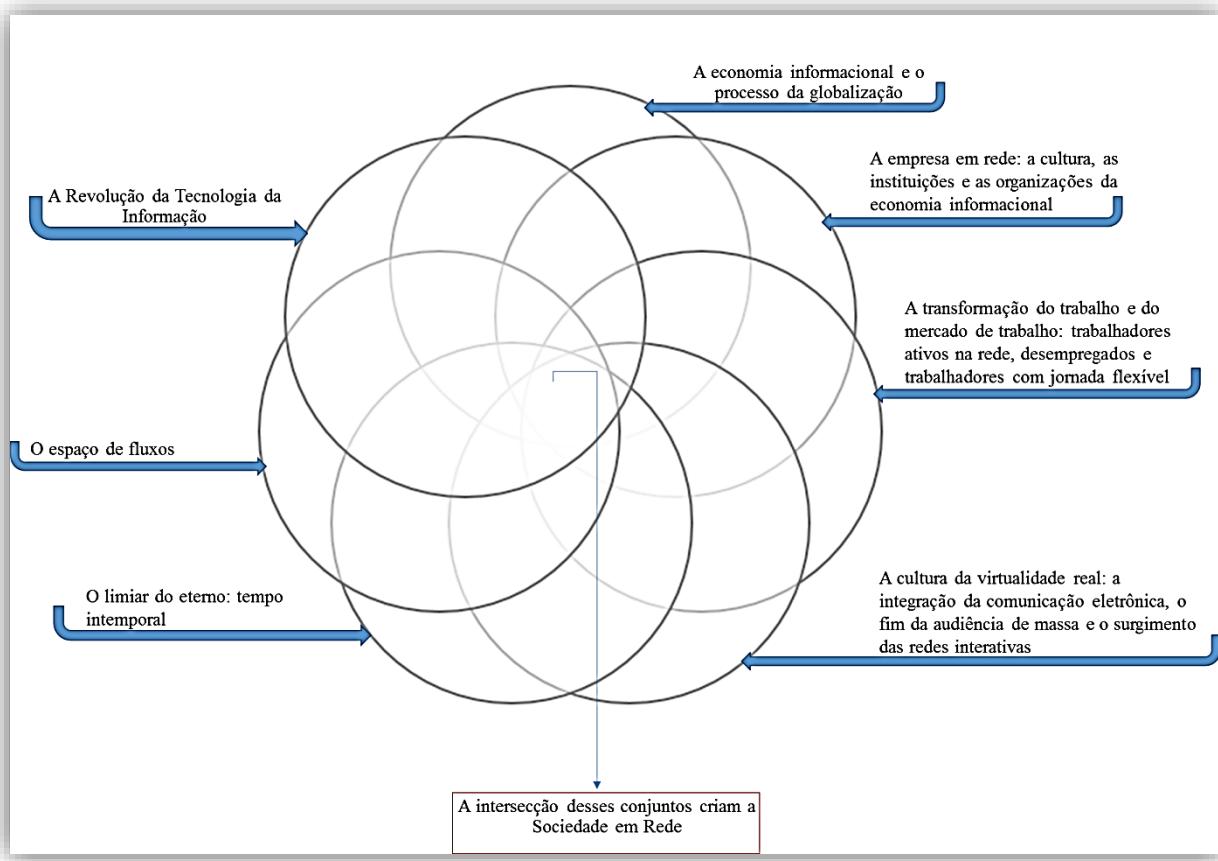
Acreditamos que o caminho apresentado por Webster (2006) é relevante e importante para a compreensão da desconstrução dos conceitos que nos cerca. Contudo, graças à classificação feito por ele (Quadro 4), o qual apresentamos na página 33. Podemos perceber as semelhanças entre os discursos, mesmo daqueles que defendem coisas distintas. O distinto aqui é a continuidade ou não da ordem social. Assim, apresentamos um autor que defende uma nova era, Manuel Castells, e outro que defende a continuidade, Charlie Gere. Não no intuito de desconstruir, mas de apontar as semelhanças, pois acreditamos que são elas nossos argumentos relevantes ao que ocorre em nosso cotidiano.

## **2. 2 Manuel Castells: a Sociedade em Rede**

O sociólogo Manuel Castells fez uma trilogia para mostrar que a inserção do computador no mundo trouxe *A Era da Informação: economia, sociedade e cultura*. No primeiro volume, ele escreve sobre “a sociedade em rede”, no segundo sobre “o poder da identidade” e no terceiro sobre o “fim do milênio”. Para o escopo deste trabalho, daremos especial atenção ao primeiro volume, pois é nele que o autor argumenta as razões que o permitem entender a existência, hoje, de uma nova sociedade: a “sociedade em rede”.

Nesse primeiro volume, o prefácio da edição brasileira é escrito pelo ex-presidente do Brasil, de 1995 a 2003, e também sociólogo Fernando Henrique Cardoso, o qual tece elogios à obra e ao autor, além de apontar que “[...] o texto de Castells [...] se torna especialmente relevante para os que devem tomar decisões práticas na condução de assuntos de governo” (CASTELLS, 1999, p. I). Isso mostra uma certa relação dos escritos do autor com nosso país ao menos no cenário político brasileiro. A Figura 4 mostra nosso entendimento de como Castells (1999) propôs o conceito de sociedade em rede.

Figura 4 – A sociedade em rede



Fonte: Elaboração do próprio autor

Compreendemos que, para Castells (1999), o entendimento da nova morfologia social, que é a sociedade em rede, perpassa pelo entendimento: da rede e o ser, da revolução da tecnologia da informação, da economia informacional e do processo de globalização, da empresa em rede, da transformação do trabalho e do mercado de trabalho, da cultura da virtualidade real, dos espaços de fluxos e do tempo intemporal. Esses são conjuntos que o autor vai entrelaçando para concluir que vivemos em uma sociedade em rede. Ele já inicia seus escritos por essa intersecção, analisando tanto a rede quanto o ser na interação com e nos conjuntos que forma o novo tipo de sociedade.

A rede não é uma metáfora, mas sim uma constatação de que os computadores (maquinas) estão interligados entre si, em escala mundial, permitindo que pessoas interajam em tempo real, compartilhando informações, imagens, poder, riquezas. É um mundo de fluxos globais em que um novo sistema de comunicação “[...] que fala cada vez mais uma língua universal digital tanto está promovendo a integração global da produção e distribuição de palavras, sons e imagens de nossa cultura, como os personalizando ao gosto das identidades e humores dos indivíduos” (CASTELLS, 1999, p. 22). Por essa universalidade comunicacional,

os registros que se fazem dessa nova sociedade são de igual importância à busca pela afirmação da identidade como a transformação econômica e tecnológica, pois nossas “[...] sociedades estão cada vez mais estruturadas em uma oposição bipolar entre a Rede e o Ser” (CASTELLS, 1999, p. 22).

Com o argumento de que há a penetrabilidade do computador em todas as atividades humanas, o autor tem como ponto de partida a revolução da tecnologia da informação para analisar a economia, sociedade e a cultura. A origem dessa revolução, segundo o autor, dá-se em 1947, com a invenção do transistor, passando pela produção facilitada e em massa graças à utilização do silício sete anos depois e, finalmente, com o advento do circuito integrado, em 1957, culminando com a criação do microprocessador em 1971. Depois dessa criação houve a expansão da revolução da indústria eletrônica à “[...] cultura da liberdade, a inovação individual e a iniciativa empreendedora oriunda da cultura dos *campi* norte-americanos da década de 60” (CASTELLS, 1999, p. 25, grifos do autor).

É essa revolução tecnológica que faz surgir uma nova estrutura social associada a um novo modo de desenvolvimento, o informacionalismo. “No novo modo informacional de desenvolvimento, a fonte de produtividade acha-se na tecnologia de geração de conhecimentos, de processamentos de informação e de comunicação de símbolos” (CASTELLS, 1999, p. 35). Essa tecnologia penetra nas esferas de poder e da experiência, modificando-as; logo, o modo de desenvolvimento modela o comportamento social e a comunicação, fazendo uma ligação entre cultura e forças produtivas.

Nesse capitalismo informacional, há paradoxos, e um deles refere-se à inclusão e exclusão, pois, embora nele tenha uma lógica de excluir os agentes da exclusão, de redefinir significados e critérios de valor, o mundo exclui os grupos: que não são iniciados em computadores, que consomem menos e aqueles de territórios não atualizados com a tecnologia da comunicação. Se o ser, coletivo ou individual, constrói significados sem ou fora da rede, ela também constrói significados sem esse ser (CASTELLS, 1999).

Contudo, na revolução da tecnologia da informação, o cerne da transformação é o fato de que as tecnologias dessa nova revolução permitem que se apreenda a tecnologia fazendo, o que difere de revoluções anteriores em que o conhecimento terminava no invento, apreendendo-o e assimilando-o pelo uso. Agora, conhecimento gera mais conhecimento em uma acumulação sem fim. Essa realimentação cria e usa inovações, fazendo uso de uma nova linguagem, a linguagem digital, que é a interface entre o computador e o elemento humano, permitindo que a nova informação gerada seja armazenada, recuperada, processada e transmitida. Essa linguagem faz com que as tecnologias da informação não sejam só

[...] ferramentas a serem aplicadas, mas processos a serem desenvolvidos. Usuários e criadores podem tornar-se a mesma coisa. [...] Segue-se uma relação muito próxima entre os processos sociais de criação e manipulação de símbolo (a cultura da sociedade) e a capacidade de produzir e distribuir bens e serviços (forças produtivas). Pela primeira vez na história, a mente humana é uma força direta de produção, não apenas um elemento decisivo no sistema produtivo (CASTELLS, 1999, p. 51).

Esse novo paradigma tecnológico: o aprender tecnologia fazendo tecnologia, é, segundo o autor, acompanhado por peculiares características: são tecnologias que agem sobre a informação e não apenas informação para agir sobre a tecnologia; a penetrabilidade dos efeitos das tecnologias dessa nova era faz com que a informação seja parte integral da atividade humana, moldando a existência individual e coletiva; a existência de uma lógica das redes que é necessária para estruturar a criação de interação que não é estruturada, pois esta é força motriz da inovação na atividade humana; a flexibilidade que tanto pode ser uma força libertadora quanto repressiva, pois permitem uma reestruturação das organizações sociais; a convergência de tecnologias específicas para um sistema altamente integrado, integrado pois embora separados não se consegue distinguir a microeletrônica, das telecomunicações, das optoeletrônicas e dos computadores (CASTELLS, 1999).

Esse paradigma tecnológico evoluiu para uma rede de acessos múltiplos, adaptáveis e abertos em seu desenvolvimento histórico, lembrando Castells (1999) que a tecnologia não é nem boa, nem ruim e nem neutra; ela é o que o que nossas ações sociais fazem dela.

Nesse contexto, a tecnologia é fruto de um capitalismo movido por uma economia informacional e global. É global, pois se mede as atividades produtivas, o consumo e a circulação, bem como seus componentes (capital, trabalho, matéria prima, administração, tecnologia e mercados) em escala global diretamente ou mediante uma rede de conexões de agentes econômicos. É informacional, porque competitividade e produtividade dependem da habilidade de criar, processar e aplicar de forma eficiente a informação baseada em conhecimento. É a concorrência realizada em uma rede global de interação. Nessa economia, os verdadeiros determinantes para inovações tecnológicas são a competitividade e lucratividade que as empresas têm, e o papel do Estado nisso é dar apoio e ajudar as empresas no mercado internacional. Contudo, essa economia que tem a produção com base no conhecimento requer mudanças e transformações: culturais e institucionais (CASTELLS, 1999).

Tal economia informacional é caracterizada pela cultura e instituições específicas, isto é, o seu surgimento foi em contextos culturais/nacionais muito diferentes, que, apesar de serem diferentes, têm um sistema organizacional que coincide em quatro pontos fundamentais: divisão

na organização da produção e dos mercados na economia global; as transformações organizacionais interagiram com a difusão da tecnologia da informação; as transformações organizacionais tinham como objetivo ir contra a incerteza provocada pelas rápidas mudanças na economia e, também, para aumentar a flexibilidade da produção; A finalidade das transformações organizacionais foram para redefinir os processos de trabalho para diminuir a mão de obra mediante a automação do trabalho (CASTELLS, 1999).

Desse contexto, o autor define a empresa em rede como “aquele forma específica de empresa cujo sistema de meios é constituído pela intersecção de segmentos de sistemas autônomos de objetivos” (CASTELLS, 1999, p. 191). O desempenho dessa rede dependerá de dois atributos: “a conectividade, ou seja, a capacidade estrutural de facilitar a comunicação sem ruídos entre seus componentes; coerência, isto é, a medida em que há interesses compartilhados entre os objetivos da rede e de seus componentes” (CASTELLS, 1999, p. 191). É essa empresa em rede que processando conhecimento transforma sinais em *commodities*, que se organiza em cinco tipos de redes:

- a) Redes de fornecedores, aquelas que fornecem insumos para a produção;
- b) Redes de produtores, aquelas que têm a capacidade e recursos humanos/financeiros para a produção;
- c) Redes de clientes são os canais comerciais, revendedores com valor agregado e usuários finais;
- d) Redes de coalizões-padrão, aquelas instituições definidoras de padrões globais;
- e) Redes de cooperação tecnológica, aquelas que permitem acesso compartilhado a conhecimentos científicos genéricos e de produção e desenvolvimento (P&D) (CASTELLS, 1999).

Segundo o autor, nessa sociedade informacional o trabalho, que é o cerne da estrutura social, apresenta características peculiares das outras: eliminação do emprego rural, declínio do emprego industrial tradicional, aumento dos serviços relacionados com a produção e dos serviços sociais, diversificação das atividades do setor de serviços, elevação dos serviços administrativos, profissionais especializados e técnicos, um proletariado de escritório composto por empregados administrativo e de vendas, estabilidade do emprego no comércio varejista. Mas, o pesquisador refuta, pela experiência histórica, a ideia de que os países desenvolvidos são de economia de serviços e os países em desenvolvimento se especializariam em agricultura e na indústria tradicional (CASTELLS, 1999).

O sociólogo adverte, ainda, que o argumento de que há uma força de trabalho global, pela sociedade em rede ter uma economia global, é enganosa, pois o que existe é uma

interdependência global da força de trabalho na economia informacional. Esse novo modelo equivale à integração do processo de trabalho e à desintegração da força de trabalho, isto é, as tarefas rotineiras, repetitivas que podem ser programadas e feitas por máquinas tendem a desaparecer para a força de trabalho humana. Para o humano, fica o trabalho que requer capacidade de análise, decisão, programação e reprogramação de máquinas; tudo em tempo real.

Nesse contexto, apresentam-se três tipos de trabalhadores: os ativos na rede, que estabelecem conexão por iniciativa própria; os passivos da rede, que estão on-line, mas não decidem quando, como, por que ou com quem; e os desconectados, que estão presos a tarefas específicas. São então respectivamente, aqueles que tomam decisões, aqueles envolvidos no processo decisório e, por fim, os executores que implementam as decisões. Esses fatos levam o pesquisador a concluir que nessa economia informacional há a força de trabalho permanente formada pelos administradores que atuam com base na informação e a força de trabalho disponível, que pode ser automatizada, contratada e demitida. É esse processo de desagregação do trabalho que introduz a sociedade em rede (CASTELLS, 1999).

A sociedade em rede faz florescer uma nova cultura que “[...] por meio da poderosa influência do novo sistema de comunicação, mediada por interesses sociais, políticas governamentais e estratégias de negócios, está surgindo [...] a cultura da virtualidade real [...]” (CASTELLS, 1999, p. 355). Sua origem está na imprensa de Gutemberg, mas com o surgimento da Internet ganha forma; ela é “uma rara mistura de estratégia militar, grande cooperação científica e inovação contracultural” (CASTELLS, 1999, p. 375), permitindo-nos, hoje, uma comunicação mediada por computador (CMC), o que faz da sociedade em rede uma sociedade interativa. Ela, por ser multimídia, tem como característica ser “centralizada na casa” e no “individualismo”, contudo esse novo meio de comunicação não diverge das culturas tradicionais, por exemplo (CASTELLS, 1999). Essa não divergência das culturas de característica multimídia, a mais importante segundo o autor, capta a maioria das expressões culturais em toda sua diversidade

Seu advento é equivalente ao fim da separação e até da distinção entre mídia audiovisual e mídia impressa, cultura popular e cultura erudita, entretenimento e informação, educação e persuasão. Todas as expressões culturais, da pior à melhor, da mais elitista a mais popular, vêm juntas nesse universo digital que liga, em um supertexto histórico gigantesco, as manifestações passadas, presentes e futuras da mente comunicativa. Com isso elas constroem um novo ambiente simbólico. Fazem da virtualidade nossa realidade (CASTELLS, 1999, p. 394).

Esse fazer da virtualidade nossa realidade também se dá no sentido oposto, ou seja, nossa realidade se faz na virtualidade. Esses fazeres criam a cultura da virtualidade real. Isso se explica na compreensão de que a formação da cultura se dá por processos de comunicação. Já os diversos tipos de comunicação são baseados no consumo e produção de sinais (símbolos); logo, não há separação entre representação simbólica e realidade, o que constrói a virtualidade real. Para o autor, real é aquilo que existe de fato e virtual é aquilo que existe na prática, embora só exista em símbolo (em conceito). Desse ponto de vista, “toda realidade é percebida de maneira virtual” (CASTELLS, 1999, p. 395). Mas, a internet, que é a nova forma de comunicar na sociedade em rede, transforma radicalmente o espaço e tempo, dimensões fundamentais da vida humana. Nela, o tempo é intemporal, pois, para o novo sistema de comunicação; passado, presente e futuro podem ser programados para interagir em uma mesma mensagem. O espaço, por sua vez, são espaços de fluxos e não mais espaços de lugares, pois os lugares, agora, em rede são diversos. Esses dois elementos, espaços de fluxos e o tempo intemporal, são as principais bases da cultura da virtualidade real, em que a realidade se torna faz de conta e o faz de conta se torna realidade (CASTELLS, 1999).

A interligação do espaço e do tempo, nessa ordem, para o autor não é aleatória, e sim uma hipótese de que o espaço organiza o tempo na sociedade em rede, uma vez que pela transformação sofrida por meio da tecnologia da informação, o espaço cria uma nova lógica, o espaço de fluxos que se opõem ao historicamente enraizado (tradicional) espaço de lugares (CASTELLS, 1999).

Já a organização da economia informacional/global é em torno dos centros de controle e comandos capazes de inovar, coordenar e gerenciar as redes de empresas. As finanças, seguros, bens imobiliários, consultorias, serviços de assessoria jurídica, propaganda, marketing etc., que são serviços avançados, bem como P&D e inovação científica, estão no cerne de todos os processos econômicos. “Todos podem ser reduzidos à geração de conhecimento e a fluxos de informação” (CASTELLS, 1999, p. 405). Além, de serem serviços abrangentes e localizados em todo o planeta.

Nesse contexto, a compreensão de espaço como expressão da sociedade, ou, ainda, como suporte material de práticas sociais de tempo compartilhado, constrói uma sociedade em volta de fluxos, fluxos de capital, informação, tecnologia, interação, organização, imagens, sons e símbolos. Assim, há uma nova forma espacial para a sociedade em rede: “*O espaço de fluxos é a organização material das práticas sociais de tempo compartilhado que funcionam por meio de fluxos*” (CASTELLS, 1999, p. 436, grifos do autor). Esse é descrito pela combinação de três camadas:

- a) O espaço de fluxo tem como suporte material circuito de impulsos eletrônicos (microeletrônica, telecomunicações, processamento computacional, sistemas de transmissão e transporte em alta velocidade). A infraestrutura tecnológica construída define o novo espaço;
- b) O espaço de fluxos é constituído de nós (centros de importantes funções estratégicas) e centros de comunicação. Ele está localizado em uma rede eletrônica, mas essa rede conecta lugares específicos com características sociais, culturais, físicas e funcionais bem definidas;
- c) O espaço de fluxos refere-se à organização espacial das elites gerenciais dominantes, visto que a teoria do espaço de fluxo parte da suposição implícita de que as sociedades são organizadas de maneira assimétrica em torno de interesses dominantes específicos, ou seja, o espaço de fluxos é implementado por atores sociais, elites cosmopolitas e pessoas locais. O espaço do poder e riqueza é projetado pelo mundo, enquanto a vida e a experiência das pessoas ficam enraizadas em lugares, em sua cultura, em sua história (CASTELLS, 1999).

O autor distingue, ainda, espaço de fluxo de espaço de lugar, pois as pessoas vivem em lugares. Para ele, “[...] lugar é um local cuja forma, função e significado são independentes dentro das fronteiras da contiguidade física. Por exemplo, o bairro de Belleville em Paris é um lugar” (CASTELLS, 1999, p. 449). Os lugares são dotados de qualidades físicas/simbólicas que os tornam diferentes, por isso uns podem apresentar riqueza espacial e interação social e outros não. Na distinção do sociólogo, o espaço de fluxo se refere à globalização, já espaço de lugar se refere à localização. A relação entre os dois nem sempre pode ser determinada, pois, embora se viva em lugares

[...] a função e poder em nossa sociedade estão organizadas no espaço de fluxos, a dominação estrutural de sua lógica altera de forma fundamental o significado e dinâmica dos lugares. A experiência, por estar relacionada a lugares, fica abstraída do poder, e o significado é cada vez mais separado conhecimento (CASTELLS, 1999, p. 451).

Desse ponto de vista, existe a tendência, em nossa sociedade, para espaço de fluxos ahistórico em rede, buscando impor sua lógica a lugares espalhados e segmentados que cada vez menos compartilha os códigos culturais uns dos outros, pois relacionam cada vez menos. Entre essas duas formas de espaços, poderemos estar rumando para a vida em universos paralelos, cujos tempos não conseguem encontrar-se porque são trabalhados em diferentes dimensões de um hiperespaço social (CASTELLS, 1999).

Outra transformação na sociedade é a nova dimensão do tempo, em especial a transformação de tempo no sistema financeiro capitalista, pois, pela primeira vez na história, surgiu um mercado global funcionando em tempo real. Em questão de segundos, o mesmo capital “navega” entre países geridos por programas computacionais. Nesse contexto, o tempo é crucial para geração de lucros, pois é com a velocidade das transações que se ganha ou perde dinheiro (CASTELLS, 1999).

Como o tempo gera dinheiro, o capital absorve o tempo e o engole. É a abstração do tempo pelo capital, em que um “lance” errado empregos e empresas são destruídas. É um verdadeiro cassino eletrônico, onde o futuro de nações inteiras é decidido. Com isso, gerencia-se o tempo “[...] como um recurso, não de maneira cronológica linear da produção em massa, mas como um fator diferencial em relação à temporalidade de outras empresas, redes, processos ou produtos. [...] o tempo não é apenas comprimido: é processado” (CASTELLS, 1999, p. 466).

Esses fatos caracterizam a nova sociedade pelo entrelaçar do tempo, através da simultaneidade de fatos e a intemporalidade da informação, perfazendo nessa sociedade o tempo intemporal pertencente ao espaço de fluxos em que o poder dos fluxos é mais importante que os fluxos de poder, isto é,

A presença na rede ou a ausência dela e a dinâmica de cada rede em relação às outras são fontes cruciais de dominação e transformação de nossa sociedade: uma sociedade que, portanto, podemos apropriadamente chamar de sociedade em rede, caracterizada pela primazia da morfologia social sobre a ação social (CASTELLS, 1999, p. 497).

Tais dizeres nos levam ao entendimento de que os processos dominantes na era da informação estão organizados em torno de redes. Assim, as redes desenham um papel central na caracterização, feita pelo autor, da sociedade nesses novos tempos. Isso faz o sociólogo conceituar “rede” como “um conjunto de nós interconectados. Nós é o ponto no qual uma curva se entrecorta” (CASTELLS, 1999, p. 498).

As redes são, ainda, estruturas que se expandem infinitamente, integrando novos nós que conseguem comunicar com outros nós, que têm o mesmo código de comunicação. Uma estrutura social em redes é um sistema aberto, dinâmico e suscetível de inovação, instrumentos apropriados à economia baseada na inovação, globalização, concentração (trabalho, trabalhadores e empresas) descentralizada, para uma cultura de desconstrução e reconstrução contínua. São exemplos de redes: mercados de bolsas de valores, conselhos nacionais de ministros e comissários europeus da rede política que governa a União Europeia, os campos de coca e papoula e seus laboratórios clandestinos, pistas de aterrissagem secretas, gangues de rua

e instituições financeiras para lavagem do dinheiro, sistemas de televisão etc. (CASTELLS, 1999).

Essa nova forma de gerenciar e produzir em rede não implica o fim do capitalismo. Entretanto, pela primeira vez, o modo capitalista de produção dá forma às relações sociais, o que o faz diferente de seus antecessores históricos. Esse novo capitalismo tem duas características diferentes: está estruturado em uma rede de fluxos financeiros e é global. Nele, a mão de obra é cada vez mais desagregada, fragmentada, diversificada, dividida. Ela torna-se mais individualizada quanto: as suas capacidades, condições de trabalho, interesses e projetos. Via de regra, o dinheiro é global, mas o trabalho é local. Isso faz com que os dois, dinheiro e trabalho, existam em diferentes espaços e tempos:

[...] o espaço dos fluxos e o espaço dos lugares, tempo instantâneo de redes computadorizadas versus tempo cronológico da vida cotidiana. Então, eles vivem lado a lado sem se relacionarem, à medida que a existência do capital global depende cada vez menos do trabalho específico e cada vez mais do trabalho genérico acumulado, operado por um pequeno grupo de cérebros que habita os palácios virtuais das redes globais (CASTELLS, 1999, p. 503).

Esse fato nos levam às relações sociais que, por sua vez, ficaram desligadas de sua existência real. A sociedade se divide entre aqueles que estão conectados e os que estão desconectados. E, por não compartilharem os mesmos códigos de comunicação, a sociedade em rede parece uma desordem social para a maioria das pessoas.

Essa nova forma de estar no mundo pode ser compreendida, no seu nível mais fundamental, como o padrão de transformação das relações entre natureza e cultura. Nesse novo estágio, cultura refere-se à cultura, tendo ela superado a natureza a ponto de ser preservada e/ou renovada artificialmente, ou seja, ficou a ideia da reconstrução da natureza como forma de cultura ideal. “Em razão da convergência da evolução histórica e da transformação tecnológica, entramos em um modelo genuinamente cultural de interação e organização social. [...] é a era da informação, marcada pela autonomia da cultura *vis-à-vis* as bases materiais de nossa existência” (CASTELLS, 1999, p. 505, grifos do autor).

## **2. 3 Charlie Gere: a Cultura Digital**

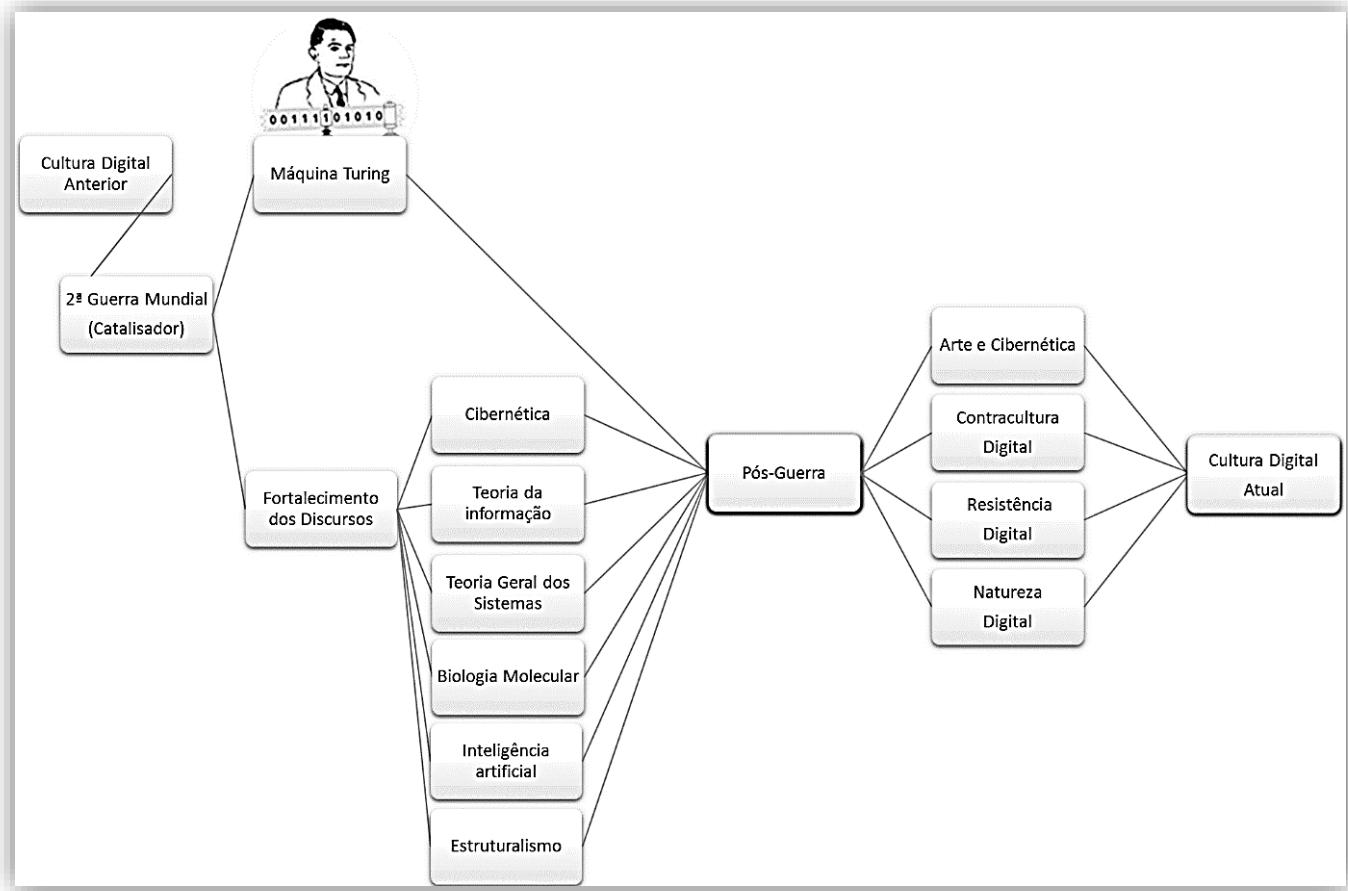
Embora não esteja nos estudos de Webster (2006), os escritos de Gere (2008) apontam para uma continuidade histórica, mas, como os defensores da continuidade capitalista dos autores apresentados por Webster (2006), ele também não nega as mudanças trazidas com a popularização do computador em nossa sociedade. É a partir da existência real do computador

no mundo que Gere (2008) inicia seu estudo, argumentando que não precisa percorrer toda história humana para compreender as atuais mudanças, ou seja, a construção de momentos históricos singulares revela não uma nova sociedade, mas sim uma continuidade histórica evolutiva que nos traz a uma nova tecnologia, a tecnologia digital.

Gere (2008) busca demonstrar o conceito do termo “digital” no sentido técnico. Nesse sentido, digital refere-se a qualquer sistema numérico, linguístico, ou outro que seja expresso sob a forma de elementos discretos. E, se o sistema linguístico é expresso por elementos discretos, então a língua, escrita ou falada, é digital. O que o leva a concluir que quase todas as culturas humanas podem ser digitais. Contudo, ele afirma que isso não explica a atual forma específica da cultura digital.

O autor explica que, na forma atual, a cultura digital é um fenômeno historicamente condicionado à abstração, codificação, quantificação e matematização que pode ser rastreada por numerosos pontos da história do Ocidente, desde a Grécia Antiga até o início da modernidade para a ascensão do capitalismo industrial, em que a Segunda Guerra Mundial foi o acontecimento catalítico para que a computação moderna eletrônica digital binária emergisse na Guerra Fria e, assim, desenvolvesse para o que é hoje (GERE, 2008). A Figura 5 mostra nosso entendimento de como ele propõe o surgimento da atual cultura digital.

Figura 5 – A construção do conceito cultura digital



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Embora o pesquisador afirme a existência de uma cultura digital anterior, inicia seu discurso pela Segunda Guerra Mundial, pois é nela o ponto de partida para a atual cultura digital. É a guerra o catalisador para o surgimento do computador como o conhecemos: binário, máquina digital capaz de armazenar dados e de ser reconfigurado para realizar diferentes tarefas, uma vez que a guerra exigiu cálculos complexos e em grande velocidade. Mas, o computador é também uma personificação do capitalismo, porque esse encontrou na máquina conceitual de Turing o modelo perfeito de máquina: universal e em que trabalho e mercadoria são convertidos em símbolos, facilitando a manipulação e distribuição (GERE, 2008).

Tão importante quanto o desenvolvimento do computador para o surgimento da atual cultura digital foi a intensificação dos discursos da cibernetica, teoria da informação, teoria geral dos sistemas, biologia molecular, inteligência artificial e estruturalismo. Embora em contextos diferentes, eles representaram coletivamente o paradigma do pensamento tecnológico e científico do pós-guerra, fazendo parte do mesmo ambiente intelectual do computador. Esse

pós-guerra se configurou pela guerra fria entre Estados Unidos e União Soviética. Foi nela que aprendemos a usar o computador como dispositivo de mídia e comunicação, em vez de usá-lo como uma complexa calculadora. Ainda, nesse período, desenvolveu-se a computação gráfica em tempo real e redes digitais que transformou a computação e preparou o terreno para os computadores pessoais, internet e o futuro da computação digital (GERE, 2008).

A vanguarda digital, junção do pensar e fazer da cibernetica entrelaçado às artes, do pós-guerra, determinou não só a prática artística atual em relação à tecnologia, mas também o desenvolvimento mais geral da mídia digital. A combinação deu-se pela onipresença da mídia de massa eletrônica, bem como pela ameaça de holocausto nuclear, permeando o sentido de natureza interligada das coisas, e um sentimento de fragilidade global. Isso mostra, segundo o autor, que a cultura de hoje foi feita pelo entrelaçar de ideias e fazeres de artistas, engenheiros, cientistas, pesquisadores e políticos (GERE, 2008).

A tecnologia interativa e a multimídia foram desenvolvidas na Guerra Fria, contudo foi graças à contracultura e às ideias de vanguarda que se vislumbrou a capacidade de concebê-las como pacíficas e progressivas. Isso se deve à década de 1960, que buscava uma sociedade alternativa daquela de guerra e consumo exagerado. Essa contracultura mais o capitalismo tecnológico empreendedor foram o coração da visão utópica de desenvolvimento da Internet. Essa encarnou ideais promovidos pela contracultura e que se tornaram componentes centrais do capitalismo atual. Uma Internet como paradigma emergente autorregulado, auto-organizado de estruturas que se desenvolvem e prosperam sem intervenção do governo. Isso é a realização material da ideia de mercado com fenômeno natural e espontâneo, coração da economia neoliberal. Modelo econômico que eleva o papel do sujeito como ser individual e da propriedade e, ao mesmo tempo, promove a ideia de coletivo e do bem comum (GERE, 2008).

A resistência digital, que é outro conjunto de fatores que contribuiu para a nossa cultura digital atual, é uma ação de movimento social e cultural que foi contra o status quo da época baseada em uma ordem repressiva. A proposta pautava-se em resistir às demandas do capital através do controle dos meios de produção, opondo-se à ação capitalista de controle e exploração da criatividade e comunicação.

O autor nos apresenta, ainda, dois tipos diferentes de tempo: tempo do relógio e tempo revolucionário. O primeiro é o tempo homogêneo do progresso catastrófico e inevitável do capitalismo, o outro é o tempo daqueles que resistem a esse progresso aparentemente inevitável do capitalismo. Hoje, no entanto, no lugar do relógio temos computadores que organizam todo o aspecto da vida sob o capitalismo. Ações que interrompem sistemas de computadores ou redes podem parecer uma inútil sabotagem, mas é um gesto profundamente utópico que busca

possibilidades para organizar o tempo, o espaço e as comunidades de maneira diferente daquelas impostas ao mundo pelo capital de tecnologias interativas (GERE, 2008).

Evidencia-se duas facetas do conceito natureza para a atual cultura digital. A primeira é no sentido de a tecnologia digital, por sua onipresença e invisibilidade, ser quase natural, ou seja, espontânea e, por isso, dando a entender que a tecnologia não é pensada ou sequer algo produzido pela humanidade. Assim, a forma atual da cultura digital seria uma evolução, espontaneamente, por meio de uma espécie de natureza digital. Essa naturalização é problemática, à medida que se distancia das repercussões políticas. Embora, sejam as complexas forças humanas que determinam o desenvolvimento e a importância da tecnologia atual.

A segunda face é no sentido de a tecnologia digital ser o resultado de necessidades humanas, laborais e antagonismos sociais. Com esse vislumbre, o modo de ser da cultura digital, a natureza digital, possui elementos das tecnologias de defesa da guerra fria; da prática artística de vanguarda; do utopismo tecnológico da contracultura; das teorias críticas pós-moderna; dos novos estilos subculturais. Esses elementos são inerentes às tecnologias que usamos: reconhecer a heterogeneidade da cultura digital é cada vez mais necessário, pois, quanto menor for nossa consciência das forças sociais e culturais que construíram a tecnologia digital atual, menor será nossa capacidade de resistir e questionar a relação de poder e forças que a interação das tecnologias digitais com os homens emana (GERE, 2008).

As mudanças na vanguarda digital, contracultura digital, resistência digital e natureza digital foram tantas e tão significativas na cultura digital atual que é cada vez mais difícil discernir o que é e o que não é tecnologia digital em nossas vidas. Essas já não são mais meras ferramentas, mas sim participantes de nossa cultura, tornando-as parte integrante do próprio tecido da nossa existência, o que as deixa mais invisíveis à nossa percepção e, por isso, a necessidade de manter questionando a nossa situação (GERE, 2008).

Tanto Gere (2008) quanto Castells (1999) mostram que os computadores são, hoje, mais que ferramentas: são conjuntos de transformações em que a essência é a autonomia da cultura: é a cultura das redes, cultura do compartilhamento, cultura da criação coletiva, cultura da convergência, cultura da gamificação, cultura Maker, cultura hacker. Eles, os computadores, “são processos vivos de articulação, processos políticos, sociais, que impactam nosso modo de vida, de construção e de formulação. E que encontra no digital não um suporte, mas um modo de elaboração” (SAVAZONI e COHN, 2009, p. 35).

Esse modo de elaboração tem componentes intrínsecos à Cultura Digital, os quais, segundo Deuze (2005), são: a participação, remediação e bricolagem. O primeiro diz respeito

ao nosso poder de agir. Como mencionado na introdução, esse, agora, está na “ponta dos dedos”. O segundo diz respeito à ação de a partir do velho fazer o novo, por modificações e/ou manipulações, e, assim, rever formas consensuais de compreensão da realidade. O último refere-se à ação reflexiva de montarmos nossas próprias versões particulares da realidade, é um contínuo altamente personalizado, mais ou menos autônoma montagem, desmontagem e remontagem da realidade. No Brasil, observa-se que a remediação é chamada de remix e bricolagem é compreendido, na Cultura Digital brasileira, por customização (SAVAZONI e COHN, 2009; CULTURADIGITAL.BR, 2009).

Desse ponto de vista, participação, remix e customização impregna na Cultura Digital a incumbência de os sujeitos conhecerem a realidade para então customizá-la (transformá-la) à sua maneira e, então, compartilhar as descobertas e possíveis inovações com a coletividade. Nota-se, então, que essas três características entrelaçam a Cultura Digital à Sociedade em Rede na ideia, como disse Kreutz e Boll (2010, p.5), de que “na rede também nada se perde, tudo se transforma”.

Assim, os referidos autores nos mostram um padrão, que a sociedade, na atual forma, necessita ter invenções e inovações de produtos e processos no cotidiano para gerar empreendimentos sustentáveis que possibilitem a riqueza ao país. Necessidade que se verifica desde a arte, como visto em Gere (2008), à economia, como visto em Castells (1999). Países periféricos, como o Brasil, buscam se adaptar a essa realidade de mudanças. Logo, para nós brasileiros, o desafio é criar um caminho para implementar práticas educativas no contexto da cultura digital numa sociedade em rede.

### 3 O EDUCAR PELA PESQUISA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL

Este capítulo tem como finalidade explorar os trabalhos que argumentam sobre o Educar pela Pesquisa (EPP) no contexto da Educação Matemática. O intuito é mostrar que já há estudos sobre o educar matematicamente nessa perspectiva, pois como já foi dito por Castells (1999) e Gere(2008) a cultura atual é uma mistura de ideias e fazeres de artistas, engenheiros, cientistas, pesquisadores e políticos, uma rara mistura de estratégia militar, cooperação científica e inovação contracultural.

Esses fatos, dessa cultura, foram entrelaçados pela existência de uma rede de cooperação tecnológica, de acesso compartilhado a conhecimentos científicos genéricos e de produção e desenvolvimento (P&D) obrigando a pesquisa a estar no cotidiano das pessoas, para que elas possam ler a realidade criticamente e reconstruir processos e produtos específicos. Assim, na Educação, a pesquisa faz duas coisas fundamentais para a comunidade escolar. A primeira é que aluno e professor montam, produzem e são autores de conhecimento. A segunda é que no processo da primeira se forma melhor os envolvidos na ação educativa, uma vez que, dessa maneira, une-se a produção do conhecimento com a formação do estudante (Demo, 2006).

A partir dos dizeres de Demo (2006) ficamos curiosos para saber se haveria outros estudos sobre EPP na literatura acadêmica e, havendo, se a mesma se estendia à Educação Matemática. Dentro os diversos trabalhos, encontramos a tese de Andrela Garibaldi Loureiro Parente mostrando que, desde de 1970, o termo “investigação” surge no currículo de ciência da educação brasileira. Desde essa época, os sentidos e significados vem refletindo diferentes tendências de ensino e aprendizagem, mas em todos os casos com o intuito de promover a cultura científica na sala de aula (PARENTE, 2012). Ao buscar ações que vislumbravam desenvolver a cultura científica em sala de aula, a autora fez o levantamento de cinco propostas: Ensino por descobrimento dirigido; Investigação dirigida; Trabalhos ou processos de investigação orientada; Ensino por pesquisa; Educar pela pesquisa e Investigação escolar.

Buscamos refletir com os autores de tais propostas, a partir das interpretações de Parente (2012), se a atitude de desenvolver ciência em sala de aula teria a preocupação de fazer o aluno um autor do que aprendia. Em seguida argumentos com outras duas autoras, Fantinel (2013) e Paula (2014), o entendimento internacional do EPP. Finalizamos discutindo a cultura científica, em sala de aula, no campo da Educação Matemática.

### 3. 1 As cinco propostas que vislumbram promover a cultura científica em sala de aula

O pesquisador Pérez (1983 e 1986) propôs uma prática de *ensino por descobrimento dirigido ou aprendizagem como investigação*. Parente (2012, p. 24) argumenta que esse tipo de investigação é composto por duas fases:

A primeira é a fase da busca, que é entendida como um momento em que a intenção é produzir ações sobre objetos para obter efeitos desejados, realizando previsões e comparações que busquem explicação para “como” e o “por que” diante das situações. A segunda é a fase da introdução da metodologia científica, que é mais criativa e rigorosa ao colocar em xeque as certezas de senso comum, favorecendo a elaboração de hipóteses e constatando-as por meio de situações controladas (PARENTE, 2012, p. 26).

Embora tenha contribuído por apresentar-se como uma alternativa ao ensino bancário, essa proposta de *aprendizagem como investigação* obteve diversas críticas, duas são principais. A primeira diz respeito ao não desenvolvimento da autonomia pelo aluno, pois toda ação educativa é dirigida pelo professor. A segunda, o centro do processo de ensino e aprendizagem é o professor e não o aluno. Parente (2012) sintetiza os estudos de Pérez (1983 e 1986) no seguinte quadro:

Quadro 5 – Características do Ensino por descobrimento dirigida.

<b>Ensino por descobrimento dirigido</b>	
Pergunta	Elaborada pelo professor dentro de um esquema conceitual definido.
Planejamento	Atividades definidas e realizadas pelo professor. Utilização de experimento para aprendizagem de conceito mediante mudança conceitual.
Realização	Executada pelo professor. Explicitação de hipóteses junto aos estudantes. Introdução da metodologia científica – Mudança conceitual e metodológica.
Respostas	Conhecimento justificado experimentalmente e em concordância com o esquema conceitual definido.

Fonte: Parente (2012, p. 29).

Observamos, no quadro, que Pérez (1983 e 1986) embora discuta o processo de práticas investigativas em sala de aula, ele não permite que os alunos sejam os investigadores do ato de pesquisar. Não há, então, autoria por parte do aluno, uma vez que o mesmo não cria, apenas executa procedimentos. Se questionarmos: - *de quem é a autoria no Ensino por descobrimento*

*dirigido?* Observamos que a proposta é uma reconstrução do processo histórico da ciência. Para uma melhor compreensão tomemos, como exemplo, a Lei de Ohm. Em termos de autoria podemos afirmar que pesquisador Georg Simon Ohm é o primeiro autor desse cenário investigativo, o professor é o segundo autor, com a formulação de atividades programadas para que nesse cenário, fechado, o aluno possa redescobrir a lei de Ohm. O aluno não cria o cenário, uma vez que ele não participa do processo de formulação de problemas e hipótese.

Na perspectiva de superar as referidas críticas à *aprendizagem como investigação*, o pesquisador Daniel Gil Pérez, da Universidade de Autônoma de Barcelona, em parceria com outros pesquisadores fizeram uma nova proposta de ensino chamada *Investigação dirigida* (PERES e CASTRO, 1996; PERES e et al., 1999). Essa proposta tem o intuito de dar mais protagonismo ao discente, mas considerando, ainda, que as “atividades desenvolvidas no ensino devem ser réplicas de investigações conhecidas por especialistas” (PARENTE, 2012). Para essa autora as características, da investigação dirigida, são:

Quadro 6 – Características da Investigação dirigida.\|

<b>Investigação dirigida</b>	
Pergunta	O professor oferece pergunta aberta aos estudantes e juntos transformarão em problemas precisos que permitam a investigação de conhecimento científico.
Planejamento	Realizado pelo professor. Uso de práticas de laboratório, resolução de problemas e aprendizagem de conceito.
Realização	Conduzida pelo professor. Levantamento de hipóteses junto aos estudantes tornando explícitas suas pré-concepções. Participação dos estudantes em planejamento experimental conferindo importância ao controle de variáveis. Valoriza a dimensão coletiva do trabalho em sala e outras características da prática científica.
Respostas	Faz-se em função dos dados gerados, das hipóteses formuladas e dos resultados de outros grupos de trabalho em aula. Implicação do conhecimento em outros campos de estudo conceitual. Busca revisar a investigação realizada à luz dos resultados, sendo assim a resposta, também, procedural.

Fonte: Parente (2012, p. 34).

O quadro mostra que o professor, ainda, é o centro do processo e ao indagarmos: - *de quem é a autoria na Investigação dirigida?* A autoria do cenário investigativo, como no Ensino por descobrimento dirigido, está nos personagens da história da ciência. O professor é autor de atividades programadas abertas que permitem aos estudantes formularem ideias iniciais,

hipóteses, sobre o problema proposto pelo professor. O aluno passa a ser autor de hipóteses dos problemas estruturados e planejados pelo professor, bem como das soluções afirmando ou negando suas ideias iniciais.

Outros avanços são apresentados nos trabalhos de Perez, Solbes e Vilches (2004) e Perez, Praia, Marques e Vilches (2007). Com os avanços, esses autores passaram chamar a proposta, de promover a cultura científica em sala de aula, de *Trabalhos de Investigação ou Processo de Investigação Orientada*. Nela, vê-se uma reviravolta, em especial, na questão da autoria em relação as anteriores. Segundo Parente (2012, p. 35) essa proposta tem como intenção “formar indivíduos que tomem decisões fundamentadas em conhecimento científico diante das questões de “emergência planetária””. A proposta é alfabetizar cientificamente os estudantes, tendo como preocupação estudar os problemas sociais e pessoais. O Quadro 7 mostra as características do Trabalho de Investigação em relação a pergunta, planejamento, realização e resposta.

**Quadro 7 – Características do Trabalho de Investigação**

<b>Trabalhos ou processo de investigação orientada</b>	
Pergunta	Que leve à investigação de problemas de interesse pessoal e social, mas situadas no contexto científico e tecnológico.
Planejamento	Que busque se aproximar da prática científica se inspirando em trabalhos de cientistas. Integra conhecimento conceitual, procedural e axiológico da prática científica.
Realização	Conduzida pelo professor. Este tem o papel de proporcionar durante a elaboração da pergunta ou problema, condições aos estudantes de perceberem a relevância do estudo proposto, para assim participarem de sua construção. Explicitação das hipóteses dos estudantes. Implementação de estratégias para a solução da pergunta proposta. Além das características da prática científica em aula, há a necessidade de vincular uma imagem adequada do que seja a prática científica.
Respostas	Articulação do conhecimento construído com os outros já construídos para ampliar e modificar a compreensão dos sujeitos. Pressupõe autorregulação do conhecimento dos estudantes guiada pela aproximação conceitual e metodológica experimentada pela prática científica. Espera-se que os sujeitos da investigação se apoiem no conhecimento especializado e na prudência para elaborar suas interpretações.

Fonte: Parente (2012, p. 39).

Nessa proposta o aluno passa a ser o centro do processo de autoria. É no diálogo com o professor que ele formula e inventa: problema a ser investigado, hipóteses que serão aceitas ou refutadas, os planos de ação para atacar o problema, o desenvolvimento da solução, a análise dessa solução e possível comunicação dos resultados. Mas isso em um campo específico da

ciência existente. Nessa interação de aluno e professor, o discente deve produzir sínteses como: esquemas, mapas conceituais entre outras. O papel do professor é o de orientar o aprendiz para não fugir dos conceitos, processos e atitudes que a ciência exige.

Há de se observar que o grupo de investigação encabeçado por Daniel Gil Pérez vai transformando suas ideias. Nas três propostas apresentadas vê-se a evolução do aluno enquanto autor do processo investigativo. A evolução das ideias passa, também, pela mudança da natureza dos problemas empregados, para promover a cultura científica em sala de aula. Os autores saem da perspectiva internalista, problemas de ciência para pensar seu interior, para problemas do homem em um mundo tecnológico. Dessa forma, Parente (2012) elenca outras propostas de promover a cultura científica em sala de aula que, agora, busca-se uma “educação científica [que] não pode ser só “em” ciências, mas “através” e “sobre” a ciência”, (PARENTE, 2012, p. 40).

A pesquisadora inicia a apresentação pela proposta de *Ensino por pesquisa*, defendida nos trabalhos de Perez, Praia e Cachapuz (2002); Cachapuz, Praia e Jorge (2000) e Praia, Almeida e Vasconcelos (2003). Nessa perspectiva de ensino são considerados três elementos: a problematização, a metodologia de trabalho e a avaliação. Na problematização busca-se envolver os saberes: do currículo institucional; da sociedade e pessoais; e das situações problemáticas. Se possível a problematização deve estar situada na relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Na metodologia de trabalho está o planejamento, o desenvolvimento de uma resposta, a avaliação da resposta obtida e a comunicação do trabalho. Nessa etapa o envolvimento do professor é

[...] fulcral a ajudar a clarificar que objetivos se pretende atingir com uma determinada experiência, a fundamentar argumentos, a precisar conceitos, a fomentar a reflexão crítica sobre as ações empreendidas, a explicitar atitudes e valores, a promover a integração de saberes dispersos. (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2000, p. 67).

A avaliação do trabalho é processual, buscando compreender o que foi feito e o porquê foi daquela maneira e não de outra. As características do Ensinar por pesquisa enquanto pergunta, planejamento, desenvolvimento e resposta estão no quadro abaixo.

Quadro 8 – As características do Ensino por pesquisa

<b>Ensino por pesquisa</b>	
Pergunta	Origina-se de uma preocupação social, se possível, situada na relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e sem respostas prontas e prévias.
Planejamento	Partilhado entre estudantes e entre grupos de estudantes, sendo o papel do professor o de clarificar os objetivos pretendidos pelos sujeitos, orientando-os nas decisões tomadas para o estudo. Inclui recurso que possibilite a realização do estudo proposto. Pluralismo metodológico: experimento, trabalho de campo, leitura, debate, TIC's, etc.
Realização	Conduzida por estudantes e professores. O professor incentiva os estudantes a pensarem sobre o que fazem para assim criarem possibilidades de controlar suas ações e exercitarem sua autonomia. Uso de recursos variados.
Respostas	Sistematiza, integra, sintetiza e comunica. Avalia com a interpretação se há resposta para a problemática posta.

Fonte: Parente (2012, p. 42).

O tema para a problematização, a ser investigada, pode ser introduzido em sala de aula tanto pelo professor quanto pelo aluno. Contudo, a formulação é feita pela interação entre alunos e professor como forma de delimitação da temática, uma vez que os problemas são “amplamente discutidos na aula [...] com raízes ou incidências sociais fortes, que a pouco e pouco se vão delimitando e preparando para o exercício da pesquisa partilhada, quer intragrupal, quer inter-grupalmente” (CACHAPUZ, PRAIA E JORGE, 2000, p. 45-48). Assim, a formulação do problema é uma autoria coletiva, em que cada interação pode interferir no produto, mudando as próprias imagens da ciência e de construção do conhecimento científico (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2000).

Outra perspectiva de promover a cultura científica em sala de aula é a proposta de *Educar pela pesquisa ou pesquisa na sala de aula*. Ela se fundamenta em Demo (2001 e 2006) e trabalhada pelos autores Lima (2004), Moraes (2002), Moraes, Galiazzo e Ramos (2002) e Moraes, Galiazzo e Ramos (2004). Para Demo (2006) essa é perspectiva se preocupa como e o que o sujeito aprende. Nela há a “construção de conceitos científicos e a formação política do indivíduo com vistas à intervenção na realidade e sua transformação” (PARENTE, 2012, p. 42). Na qual a pesquisa se configura como uma ferramenta tanto de diálogo quanto de questionamento da realidade, “despertando politicamente o indivíduo quando cria soluções para problemas que enfrenta” (PARENTE, 2012, p. 42).

Para Demo (2001 e 2006) a pesquisa é uma maneira de envolver professor e alunos na descoberta de novos argumentos, os quais podem até contradizer as verdades estabelecidas pela

ciência. Nos EPP há três elementos a serem considerados: o questionamento, a construção de argumento e a comunicação (PARENTE, 2012).

O *questionamento* pode ser compreendido como referente “à formação do sujeito competente, no sentido de ser capaz de, tomando consciência crítica, formular e executar projeto próprio de vida no contexto histórico” (DEMO, 2001, p. 13). Nesse processo de formulação há dois aspectos. O primeiro é o aspecto formal, passagem dos saberes cotidianos ao conhecimento epistemológico que se apresenta na construção dos conceitos. O segundo é o aspecto político, que visa “promover mudanças que melhorem as condições de vida do sujeito coletivo e sua emancipação social” (PARENTE, 2012, p. 43).

A construção de argumentos é “envolver-se numa produção. É ir aos livros, é contactar pessoas, é realizar experimentos. É também analisar e interpretar diferentes ideias e pontos de vistas. É, finalmente, expressar os resultados em forma de uma produção, geralmente escrita”. (MORAES; GALIAZZI e RAMOS, 2004, p.17). Na prática educativa, esses argumentos não precisão ser inéditos à toda a sociedade, mas sim para aquele que o produz para justificar ou refutar uma hipótese.

Com a construção de argumentos se tem a necessidade de comunicá-los. Essa comunicação, que almeja inserir uma nova tese ao discurso, tem dois momentos. Um é expressar claramente a nova compreensão que sujeito teve a partir do argumento. O outro é a divulgação dos resultados, a qual tem a finalidade de validar e dar reconhecimento à nova tese. Assim, para o EPP é

[...] muito mais importante destacar produtos como a construção das habilidades de questionar, de construir argumentos com qualidade e saber comunicar os resultados na medida em que são produzidos. Tudo isso expressa a qualidade política que emerge da pesquisa de sala de aula, qualidade de transformação dos sujeitos que se envolvem no processo, e num segundo momento também de outros sujeitos não diretamente envolvidos (MORAES; GALIAZZI e RAMOS, 2004, p. 21).

Nesse envolvimento entre sujeitos, tanto professor quanto aluno são pesquisadores. O docente mais experiente e discente o iniciante, em que ambos buscam “aprender juntos, instituindo o ambiente de uma obra comum, participativa [...] na qual] o que se aprende na escola deve aparecer na vida”, (DEMO, 2001, p. 17). O Quadro 9 apresenta um resumo das características dessa perspectiva feita por Parente (2012).

Quadro 9 – Características do Educar pela pesquisa.

Educar pela pesquisa	
Pergunta	Concebe questionamentos gerados tanto no âmbito do conhecimento formal, quanto a partir de problemáticas sociais que visam a melhoria de vida dos sujeitos.
Planejamento	Elabora-se a partir de uma hipótese e em consonância com o argumento (tese) que se deseja fundamentar. O planejamento se faz em função da hipótese e do argumento que se busca construir.
Realização	Inclui diversas atividades, sempre buscando fundamentar-se empiricamente e teoricamente.
Respostas	A partir de diferentes pontos de vista. Não serão inéditos. Produção escrita.

Fonte: Parente (2012, p. 44).

A proposta de Educar pela pesquisa é centrada no aluno e propõe uma pedagogia participativa autoral, pois para Demo (2006, p. 9): “[...] pesquisar e educar são processos coincidentes. Daí segue que o aluno não vai à escola para assistir aula, mas para pesquisar, compreendendo-se por isso que sua tarefa crucial é ser parceiro de trabalho, não ouvinte domesticado”. Ou seja, nessa pedagogia participativa, tanto professor quanto aluno são autores, pois elaboram conhecimento próprio para sua emancipação (“conscientização” e “ler a realidade”).

A última proposta de ensino, apresentada por Parente (2012), é a *Investigação escolar* discutida nas pesquisas de Cañal e Porlan (1987), Cañal (1999), Cañal (2000), Cañal (2008) e Izquierdo (2000). Nos estudos de Cañal e Porlan (1987) trazem duas formas de pensar o termo *investigação*, o primeiro de forma mais geral, pautada nos estudos Bunge (1983), na qual o termo é

[...] um processo para detectar problemas, formulá-los e resolvê-los, em que um problema é toda dificuldade que não pode ser superada automaticamente, o qual exige a implementação de atividades orientadas para sua resolução. Serão consideradas científicas só aquelas investigações que surgirem no contexto de uma comunidade de cientistas, que usam métodos científicos e com objetivo primário de melhorar o conhecimento nesta área (CAÑAL e PORLAN, 1987, p. 9, tradução nossa)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> [...] la investigación es un proceso encaminado a detectar problemas, formularlos y resolverlos, siendo un problema toda dificultad que no pueda superarse automáticamente, requiriendo la puesta en marcha de actividades orientadas hacia su resolución. Serán consideradas científicas exclusivamente aquellas investigaciones que se planteen en el contexto de una comunidad de científicos, utilizando métodos científicos, y con el objetivo primario de mejorar el conocimiento en ese campo (CAÑAL e PORLAN, 1987, p. 9).

Para esses autores, tal conceito remete ao dilema da investigação científica versus a investigação não científica, do conhecimento científico versus conhecimento comum. É por isso que eles optaram por conceituar a *investigação* como uma atividade humana. Assim, a Investigação escolar é compreendida como

Um processo de aprendizagem fundamentado na exploração e na capacidade para o pensamento racional comum em nossa espécie desde o nascimento, assim como nas características do espírito científico que se aperfeiçoa na prática, em interação dialética com o desenvolvimento das estruturas conceituais e operacionais dos indivíduos e que é concebida como um instrumento a serviço dos objetivos gerais da educação, em uma opção didática global, (CAÑAL e PORLAN, 1987, p.90).

Para Cañal e Porlan (1987) a aprendizagem é uma modificação e reestruturação do saber progressivo do aluno, pela interação com o grupo educativo que está inserido que o faz: refletir, debater e experimentar outras ideias no curso das atividades investigativas. Dessa forma, a escola passa a ser “um espaço de conhecimento normativo e justificado é, também, um espaço de produzir conhecimento para intervir no mundo e tomar decisões” (PARENTE, 2012, p. 45). A proposta apresenta as seguintes fases:

[...] seleção e formulação de problema; formulação e seleção de conjecturas ou hipóteses iniciais; planejamento necessário para dar solução ao problema a ser investigado; execução do planejamento acordado; preparação e análise dos dados obtidos e expressão dos resultados e conclusões do trabalho; comunicação para a formulação dos resultados da investigação (PARENTE, 2012, p. 46).

No desenvolvimento dessas etapas o protagonista são os alunos. O professor tem o papel de orientar, respeitando as decisões dos discentes, porém apontando a eles as contradições e incongruência de suas descobertas, para posterior comunicação dos resultados. O Quadro 10 mostra as principais características da Investigação escolar, segundo os critérios de Parente (2012).

Quadro 10 – Características da Investigação escolar.

<b>Investigação Escolar</b>	
Pergunta	Formulada por um problema social relevante.
Planejamento	<p>Integra conhecimento conceitual, procedural inspirado na prática científica.</p> <p>Reconhece valores da prática científica, mas assume os valores compartilhados no ensino (professor, estudantes e instituição).</p> <p>Transforma o mundo dos estudantes e ao mesmo tempo os faz capazes de intervir no mundo e tomar decisões.</p> <p>O professor lida nesse processo com regras da ciência e com regras de aprendizagem.</p> <p>O que diferencia a investigação escolar da investigação científica não é a capacidade de raciocínio (valores epistêmicos, aliás, estes até se aproximam), mas valores próprios (estéticos, éticos...).</p> <p>Concebe que os sujeitos na escola possuem valores e destes derivam raciocínios próprios.</p> <p>Busca integrar tais valores às ações que planeja, orientando-as. Por tal razão a Investigação Escolar se diferencia da prática científica.</p> <p>Trata de modelos e fenômenos relevantes e que contribuem com a educação científica dos estudantes.</p> <p>Concebe que a investigação escolar contribui com o desenvolvimento da ciência. Reconhecer os estudantes por meio das atividades educativas como capazes de produzir mudanças. Estas, por sua vez, influem ou pretendem influir em outros contextos da atividade científica.</p>
Realização	<p>É um conhecimento dinâmico que se apoia ao conhecimento justificado e desenvolve também o pensamento crítico, ético, estético, dentre outros.</p> <p>Tem compromisso com a ciência normativa.</p>
Respostas	<p>Concebe que o resultado não é único.</p> <p>É avaliada a partir de valores compartilhados por estudantes e professores.</p>

Fonte: Parente (2012, p. 46).

Nessa proposta de ensino, a autoria é do aluno que se dá pelo compartilhamento entre professor, estudante e instituição de valores estéticos, éticos, entre outros. É ao integrar com esses valores que as ações que planejam a *Investigação escolar* se diferenciam da investigação científica.

Os escritos, até este momento, nos possibilita dizer que tais concepções, em sua maioria, buscam por dar credibilidade e sustentação prático - teórica ao protagonismo do aluno enquanto autor. Autoria entendida “como habilidade de pesquisar e elaborar conhecimento próprio” (DEMO, 2015, p. 8), para conscientização, leitura e transformação do mundo.

Dessas propostas de ensino: Ensino por descobrimento dirigido, Investigação dirigida, Trabalho de Investigação, Ensino por pesquisa, Educar pela pesquisa, Investigação Escolar. Segundo Paula (2014) todas essas propostas são a ideia de ter a pesquisa como princípio educativo, as quais podem ser resumidas em três identidades internacionais da educação pela pesquisa, são elas:

Na **perspectiva brasileira**, a pesquisadora aponta como base os estudos dos professores Pedro Demo, Roque Moraes, Maria do Carmo Galianazzi e Maurivan

Güntzel Ramos (FANTINEL, 2013). A denominação mais usual desta iniciativa, que nasceu como “**Pesquisa em Sala de Aula**” (MORAES; LIMA, 2004), é atualmente “**Educar pela Pesquisa**” (DEMO, 2006; GALIAZZI, 2004). O seu início pode ser considerado meados da década de 1990, quando os pesquisadores apontados publicaram suas pesquisas de mestrado e doutorado apresentando e defendendo a proposta da educação pela pesquisa como uma perspectiva inovadora para a formação de professores (DEMO, 2002; GALIAZZI, 2004; MORAES; LIMA, 2004). Uma base importante para o desenvolvimento desses estudos no Brasil é o Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PPGEDUCEM/PUCRS).

**Na Espanha**, a pesquisa na sala de aula é conhecida como “**Investigacion en la Escuela**”. A perspectiva espanhola está vinculada principalmente à Rede IRES (Investigación y Renovación Escolar). Esse coletivo nasceu na década de 1980 como o grupo de Investigação na Escola, iniciativa de docentes da Universidade de Sevilla. Entre seus fundadores estão Rafael Porlán e Pedro Cañal, com a colaboração de J. Eduardo García. Com a organização de eventos nacionais e internacionais, publicações e intercâmbios de professores, aproveitando um momento de renovação das diretrizes e bases para a educação espanhola, já no final da década de 1980, o grupo se expandiu e se constituiu como o Projeto IRES. Mais tarde, no final da década de 1990, a partir de seminários de discussão surgiu a Rede IRES, em um formato descentralizado, composta por diferentes grupos de pesquisa em torno da Investigação na Escola formados por professores dos diversos níveis de ensino que se encontram em eventos, porém tendo a Internet como meio principal de interação. Além dos pesquisadores citados, a tradição de investigação na escola na Espanha também está baseada em trabalhos de pesquisadores como Juan Delval, José Ignacio Flor, José Gimeno, Gabriel Travé, Fernando Ballenilla, entre outros. A tradição espanhola tem influenciado outros países em relação à educação pela pesquisa, em especial os países Ibero-Americanos (FANTINEL, 2013; IRES, 2014).

**Na linha norteamericana**, Fantinel (2013, p. 35) identifica como base teórico metodológico o documento **Inquiry and the National Science Education Standards**, documento oficial do Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos, cujos padrões são “fortemente respeitados e seguidos pelos pesquisadores norte-americanos”. Esse documento, segundo a pesquisadora, reflete ideias de conselheiros/pesquisadores como Peter Dow, Richard Duschl, Jane Butler Kahle, Hubert Dyasi e Tina Winters. É importante destacar, também, que na abordagem norte-americana as ideias de John Dewey são basilares. (PAULA, 2014, p. 20, grifos nossos).

Essa síntese do trabalho de Fantinel (2013), o qual buscou compreender o entendimento teórico do EPP em três países investigados: Brasil, Estados Unidos e Espanha. Ela conclui que as abordagens dadas ao ensino pela pesquisa, nos três países, são semelhantes “em relação à valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, ao trabalho prático e à ação dos estudantes/alunos” (FANTINEL, 2013, p.5), contudo valorizam aspectos distintos:

1. É mais importante na abordagem americana o “caráter experimental, com ações no laboratório” (FANTINEL, 2013, p. 5).
2. Para a variante espanhola, o importante é a “pesquisa de problemas de natureza social e da vida dos alunos” (FANTINEL, 2013, p. 5).
3. Para o enfoque brasileiro, o mais valorizado é o desenvolvimento argumentativo e o “desenvolvimento das ferramentas culturais da linguagem” (FANTINEL, 2013, p. 5).

Para essa autora, o EPP no Estados Unidos já está consolidado. Na Espanha, a discussão está voltada para a aplicação prática pelos professores. No Brasil, a perspectiva busca afirmação e aceitação da pesquisa em sala de aula, em especial na educação básica, pois embora tenhamos uma postura teórica diferente, na prática a educação é tradicional nos sentidos filosóficos, sociológicos e metodológicos.

Desse contexto, há de se observar que Parente (2012) aborda o ensinar pela pesquisa de uma forma mais geral. Ela mostra uma certa evolução da proposta de promover a cultura científica em sala de aula. Já Fantinel (2013) e Paula (2014) focalizam na compreensão do termo *Educar pela Pesquisa* em um sentido internacional. Mas ambas buscando mostrar a assunção da cultura científica em sala de aula. A seguir apresentamos essa discussão no campo da Educação Matemática.

### **3. 2 A cultura científica em sala de aula na Educação Matemática**

Na divulgação científica em livros, teses, dissertações e artigos, sobre propostas que vislumbram promover a cultura científica em sala de aula, na Educação Matemática duas concepções se destacam: A Investigações matemáticas na sala de aula e o Educar Pela Pesquisa na Educação Matemática. Abaixo argumentos sobre elas.

#### *3. 2. 1 A Investigações matemáticas na sala de aula*

Na perspectiva espanhola de *Investigacion en la Escuela* está o livro *Investigações matemáticas na sala de aula*, dos pesquisadores portugueses Joana Brocardo, Hélia Oliveira e João Pedro da Ponte. Eles averiguam de que forma as práticas de investigação realizadas por matemáticos profissionais podem ser entrelaçadas no processo educativo de sala de aula. Para tal, partem da hipótese de que qualquer aluno na atividade matemática tem que obrigatoriamente: “identificar questões, formular, testar e provar conjecturas, argumentar, reflectir e avaliar” (CUNHA, OLIVEIRA e PONTE, 1995, p. 165). Uma vez que “Investigar em Matemática assume características muito próprias, conduzindo rapidamente à formulação de conjecturas que se procuram testar e provar, se for o caso”(BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 112-113Kindle).

Para esses autores, *investigar* é “procurar conhecer o que não se sabe. Com um significado muito semelhante, senão equivalente, temos em português os termos “pesquisar” e

“inquirir”. Em inglês, existem igualmente diversos termos com significados relativamente próximos [...]: research, investigate, inquiry, enquiry” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 148-150 Kindle). Para os matemáticos profissionais esse termo tem o sentido de “descobrir relações entre objetos matemáticos conhecidos ou desconhecidos, procurando identificar as respectivas propriedades” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 155-156Kindle).

O livro traz a mesma ideia da relação estreita entre investigação e problema, a qual é discutida por Cañal e Porlan (1987). Discussão que traz a ideia de *problema* sendo uma dificuldade não superável automática e que precisa ser detectado, formulado e resolvido. Para os autores portugueses, esse processo investigativo vai além da resolução do problema. Explicam que no processo investigativos “podemos fazer outras descobertas que, em alguns casos, se revelam tão ou mais importantes que a solução do problema original. Outras vezes, não se conseguindo resolver o problema, o trabalho não deixa de valer a pena pelas descobertas imprevistas que proporciona” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 208-210Kindle). Os autores escrevem que o processo investigativo de um matemático profissional, para realizar suas descobertas, envolvem quatro momentos principais e deixam, subtendido, um quinto ponto, os quais são:

1. “O primeiro abrange o reconhecimento da situação, a sua exploração preliminar e a formulação de questões” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 269-270 Kindle);
2. “O segundo momento refere-se ao processo de formulação de conjecturas” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 270 Kindle);
3. “O terceiro inclui a realização de testes e o eventual refinamento das conjecturas” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 270 Kindle);
4. O quarto “diz respeito à argumentação, à demonstração e avaliação do trabalho realizado” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 271-272 Kindle);
5. O último é o processo de comunicação do trabalho realizado para aceitação da comunidade matemática.

Os quatro primeiros são momentos que surgem simultaneamente. Por vezes, em um processo de movimento para frente e para trás, no qual em uma etapa final há a divulgação e a confirmação dos resultados por parte de outros matemáticos. Nesse processo de divulgação o investigador pode, ainda, reiniciar o processo. Esses cinco momentos envolvem diversas atividades como apresentamos no Quadro 11.

Quadro 11 – Momentos do processo de investigação

Exploração e formulação de questões	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer uma situação problemática</li> <li>• Explorar a situação problemática</li> <li>• Formular questões</li> </ul>
Conjecturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar dados</li> <li>• Formular conjecturas (e fazer afirmações sobre uma conjectura)</li> </ul>
Testes e reformulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar testes</li> <li>• Refinar uma conjectura</li> </ul>
Justificação e avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Justificar uma conjectura</li> <li>• Avaliar o raciocínio ou o resultado do raciocínio</li> </ul>
Comunicação do resultado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A divulgação</li> <li>• A confirmação dos resultados</li> </ul>

Fonte: adaptado de Brocardo, Oliveira e Ponte ( 2016, p. 284-287 Kindle).

Esses momentos exigem interações entre os sujeitos que investigam o mesmo tema, mas ela, a interação, passa ser obrigatória, segundo os autores, na divulgação e confirmação dos resultados. Argumento que só “quando a comunidade matemática aceita como válida uma demonstração para um dado resultado este passa a ser considerado como um teorema. Antes disso, o que temos são conjecturas ou hipóteses” (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 292-294 Kindle). Para esses pesquisadores tal processo está ao alcance dos alunos e são importantes para eles, pois:

(a) constituem uma parte essencial da experiência matemática e, por isso, permitem uma visão mais completa desta ciência; (b) estimulam o envolvimento dos alunos, necessário a uma aprendizagem significativa; (c) podem ser trabalhadas por alunos de ciclos diferentes, a níveis de desenvolvimento também diferentes; e (d) potenciam um modo de pensamento holístico (ao relacionarem muitos tópicos), essencial ao raciocínio matemático (CUNHA, OLIVEIRA e PONTE, 1995, p. 165).

Além disso, é uma atividade que não se diferencia muito de outras atividades de sala de aula, como a de resolução de exercício e problemas. Pautados nos estudos de Cañal e Porlan (1987), os autores diferenciam exercício, problema e investigação, explicam:

**Um problema** é uma questão para a qual o aluno não dispõe de um método que permita a sua resolução imediata, enquanto que **um exercício** é uma questão que pode ser resolvida usando um método já conhecido.

**Os exercícios e os problemas** têm uma coisa em comum. Em ambos os casos, o seu enunciado indica claramente o que é dado e o que é pedido. Não há margem para ambiguidades. A solução é sabida de antemão, pelo professor, e a resposta do aluno ou está certa ou está errada.

**Numa investigação**, as coisas são um pouco diferentes. Trata-se de situações mais abertas – a questão não está bem definida no início, cabendo a quem investiga um papel fundamental na sua definição. E uma vez que os pontos de partida podem não ser exatamente os mesmos, os pontos de chegada podem ser também diferentes (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016, p. 318-326 Kindle, grifos nossos).

Esses dizeres mostram que a proposta de *Investigações matemáticas na sala de aula* é derivada da proposta de *Investigación Escolar ou Investigacion en la Escuela*. Essa última pauta-se na teoria de aprendizagem piagetiana, em seu referencial está obras como “La representación del mundo en el niño” entre outras. Não é nossa intenção, aqui, explorar essa discussão, mas sim especular tal possibilidades para trabalhos futuros.

Para Brocardo, Oliveira e Ponte (2016, p. 386-388 Kindle) a aula de investigação perpassa por três fases: “(i) introdução da tarefa, em que o professor faz a proposta à turma, oralmente ou por escrito, (ii) realização da investigação, individualmente, aos pares, em pequenos grupos ou com toda a turma, e (iii) discussão dos resultados, em que os alunos relatam aos colegas o trabalho realizado”. Nessas fases o professor tem papéis bem diversos: garantir que os alunos entendam o sentido da tarefa, mostrar o que se espera do aluno, desafia-lo, avaliar o processo, raciocinar matematicamente e apoiar os trabalhos dos alunos. Dar ao aluno autonomia necessária para não comprometer sua autoria de investigador, mas também garantir que a investigação dos alunos flua e seja significativa do ponto de vista da disciplina de Matemática (BROCARDO, OLIVEIRA e PONTE, 2016).

As contribuições das atividades investigativas em sala de aula se dão por: proporcionar a exploração de conceitos matemáticos em níveis diferentes com graus de profundidades diferenciados; promover o desenvolvimento de processos matemáticos pouco contemplado no currículo da disciplina de matemática; possibilitar que os alunos trabalhem no seu próprio ritmo; permitir ao professor repensar aspectos fundamentais da sua prática docente (CUNHA, OLIVEIRA e PONTE, 1995, p. 165).

Essa prática educativa vem surgindo nas dissertações e teses do Brasil, buscamos pelo termo "investigação em sala de aula" na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), a qual nos retornou quatro trabalhos que abordavam o tema. Abaixo fazemos uma síntese desses trabalhos.

A pesquisa de Calhau (2007), *Investigação em Sala de Aula: uma proposta de atividade em salas de aula do ensino fundamental*, sob orientação da Profª. Drª. Célia Maria Carolino Pires, da Universidade Católica de São Paulo. A autora busca contribuir para o estudo teórico da aprendizagem de alunos que usam as tarefas de investigação em matemática. Para tal, ela parte de três perguntas norteadoras: “que atitudes manifestam os alunos perante tarefas de investigação; qual o papel do professor em atividades de investigação e que dificuldades de ensino e/ou aprendizagem podemos encontrar em uma metodologia centrada na investigação” (CALHAU, 2007, p. ix). Os aportes teóricos para alcançar os resultados foram

referentes à investigação defendidas principalmente nos trabalhos de: Ponte, Abrantes e Leal (1996); Ponte, Fonseca e Brunheira (1999); Ponte et al. (1997); Ponte e Matos (1992); Ponte et al. (1998); Brocardo, Oliveira e Ponte (2016). A pesquisadora conclui que, inicialmente, ao usar a investigação em sala de aula, os alunos demostram insegurança referente a ação de explorar as tarefas de investigação, sendo também para o professor um desafio elaborar e aplicar tal tarefa. Contudo, os resultados na aprendizagem são muito satisfatórios, pelo entusiasmos, empenho e progresso dos alunos ao concretizar as atividades investigativas.

A pesquisa Mod (2016), *O Objeto matemático triângulo em teoremas de regiomontanus: um estudo de suas demonstrações mediado pelo GeoGebra*, sob a orientação do Profª. Drª. Célia Maria Carolino Pires, da Universidade Católica de São Paulo, é um estudo teórico que partiu de duas indagações:

[...] quais funções da demonstração se revelam nas situações geométricas dos teoremas de Regiomontanus sobre triângulos quando explorados no GeoGebra?" e "como a exploração da demonstração pode se tornar uma atividade de investigação Matemática ou estratégia didática em sala de aula?(MOD, 2016, p. 89).

A pesquisa desse autor buscou mostrar a importância das demonstrações geométricas com uso do GeoGebra, como recurso, para a atividade investigativa para o contexto do ensino médio. A pesquisa, também, indica a possibilidade de usar a História da Matemática como geradora da investigação em sala de aula. Para essa conclusão o autor pautou seu entendimento nos escritos de Brocardo, Oliveira e Ponte (2016), uma vez que a "riqueza da demonstração de um teorema não reside somente na prova da tese nele contida, mas na Matemática que é desenvolvida pelas tentativas de demonstração" (MOD, 2016, p. 90).

Outro trabalho é o de Macena (2007), *Contribuições da Investigação em sala de aula para uma aprendizagem das secções cônicas com significado*, sob orientação do Prof. Dr. Iran Abreu Mendes, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A autora buscou analisar as possibilidades didáticas do uso da investigação em sala de aula, para o estudo das secções cônicas, a partir de uma experiência no ensino médio no Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – CEFETPB. No aporte teórico, a pesquisadora buscou unir as concepções de aprendizagem significativa a investigação em história da matemática, em que a atividade de investigação em sala de aula "instigaram, no aprendiz, o desejo de investigar os conceitos próprios das secções cônicas" (MACENA, 2007, p. 8). Estão entre os teóricos da investigação em sala de aula os trabalhos de: Ponte, Abrantes e Leal (1996); Ponte, Fonseca e Brunheira (1999) e Brocardo, Oliveira e Ponte (2016). A autora conclui que a Investigações

matemáticas na sala de aula foi eficaz e eficiente na construção do conhecimento de cônicas, pois tem um processo que mostra, de forma mais globalizante, as orientes e métodos que os matemáticos usam para desenvolver e apresentar os conceitos matemáticos, o que conduz os alunos a uma aprendizagem significativa.

A pesquisa Romão (2013), *Matemática Védica no Ensino das Quatro Operações*, sob a orientação do Prof. Dr.Iran Abreu Mendes, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte Iniciou-se o estudo pela indagação “se a MV [Matemática Védica] poderia auxiliar o trabalho do professor no ensino das quatro operações?” (ROMÃO, 2013, p. 14). Foi um estudo bibliográfico do livro “Vedic Mathematics escrito por Tirthaji e publicado em 1965” (ROMÃO, 2013, p. 8), o qual faz apontamentos da história da Matemática da Índia antiga. Com base nessa referência, buscou-se outros textos para elaborar orientações didáticas, além de fazer uma sugestão de atividades investigativas para o professor, com o intuito ensinar as quatro operações. A elaboração da atividade investigativa foi na perspectiva teórica defendida por Mendes, Fossa e Valdés (2006), Mendes (2009a, 2009b) e Ponte (2003). O trabalho desse autor busca mostrar outras possibilidades educativas para a matemática, a partir da história da matemática. Nesse contexto da História da Matemática apresenta uma possibilidade de investigação em sala de aula que auxilie na aprendizagem das quatro operações.

Ao observar os escritos sobre *Investigações matemáticas na sala de aula*, podemos apontar que essa perspectiva se preocupa em estudar a matemática com finalidade nela mesma. Talvez, por isso os quatro trabalhos encontrados fazem conexão, ou não saem, da História da Matemática. Em nenhum deles há referência a autoria do professor ou aluno. Pelo contrário, se castra a produção de professores e alunos, pois, pelos textos analisados, no ensino professor e aluno são consumidores de atividades investigativas de renomados matemáticos. Começamos, agora, a falar de outra perspectiva: o Educar pela Pesquisa na Educação Matemática.

### *3. 2. 2 O Educar Pela Pesquisa na Educação Matemática*

Observa-se que, na Educação Matemática, há poucas contribuições sobre Educar pela Pesquisa. As que encontramos no banco de dissertações e teses buscam aliar os dizeres do livro “Educar pela pesquisa” de Pedro Demo, publicado pela primeira vez em 1997, e os esforços dos trabalhos de autores Lima (2004), Moraes (2002), Moraes, Galiazzzi e Ramos (2002) e Moraes, Galiazzzi e Ramos (2004). Segundo esses autores a EPP é regida por quatro pressupostos fundamentais propostos:

A convicção de que o **educar pela pesquisa é a especificidade mais própria da educação escolar e acadêmica**; O reconhecimento de que o **questionamento reconstrutivo** com qualidade formal e política é o cerne do processo de pesquisa; A necessidade de fazer da **pesquisa atitude cotidiana** no professor e no aluno; A definição de **educação como processo de formação da competência histórica humana** (DEMO, 2006, p.7, grifos nossos).

Esses quatro pressupostos foram os norteadores da dissertação de Agne (2013), sob orientação do professor Dr. João Batista Siqueira. Ele fez um estudo de treze dissertações que investigaram “dissertações nas quais os alunos realizaram pesquisa em sala de aula apoiadas no princípio teórico Educar Pela Pesquisa” (AGNE, 2013, p. 7). O autor criou várias categorias para “identificar e relacionar propostas didáticas, concepções de ensino e concepções sobre a natureza do conhecimento matemático”. A baixo quadro apresentado pelo pesquisador.

Quadro 12 – As categorias de análise Agne (2013)

Dissertações (por autor)	Categorias das Propostas didáticas	Categorias das concepções de ensino	Categoria das concepções matemáticas
Camargo (2004)	Estudo teórico	Contextualização	Descoberta
Soares (2005)	Estudo teórico	Linguagem	Ferramenta
Nina (2005)	Modelagem na educação	Estratégia	Descoberta
Ficagna (2005)	Pesquisa de campo	Contextualização	Ferramenta
Toni (2006)	Pesquisa de campo	Questionamento	Ferramenta
Altenhofen (2008)	Pesquisa de campo	Contextualização	Ferramenta
Boesing (2009)	Pesquisa de campo	Estratégia	Ferramenta
Marmitt (2009)	Estudo teórico Ensino	Significativo	Ferramenta
Lipp (2009)	Pesquisa de campo	Contextualização	Ferramenta
Diedrich (2009)	Estudo teórico	Ensino significativo	Ferramenta
Júnior (2010)	Atividades experimentais	Linguagem	Ferramenta
Molon (2011)	Atividades experimentais	Ensino significativo	Ferramenta
Cunha (2012)	Estudo teórico	Ensino significativo	Ferramenta

Fonte: Agne (2013, p. 41)

Desses trezes trabalhos sobre o *Educar pela Pesquisa*, apresentados e discutidos por Agne (2013), o trabalho de Nina (2005) nos chamou a atenção por propor uso da Modelagem Matemática como metodologia nas concepções teóricas do EPP, como diz a autora:

[...] neste trabalho são estabelecidas quatro abordagens para a fundamentação teórica. A primeira menciona aspectos relativos ao ensino tradicional e **enfoca o educar pela pesquisa**; a segunda busca um posicionamento em relação ao significado das palavras “concepções”, “opiniões” e “sentimentos” em Matemática; a terceira disserta sobre a **Modelagem Matemática como metodologia**; e a última, aponta as possibilidades do uso de recursos tecnológicos no ensino de Matemática (NINA, 2005, p. 19, grifos nossos).

A estratégia pedagógica dessa autora é o educar pela pesquisa e a maneira de se realizar essa estratégia é usando a Modelagem Matemática, pois essa aliada aos recursos computacionais se encaixa perfeitamente no modo de pensar dessa estratégia, sendo que sua importância está em realizar

[...] atividades de exploração e investigação; tais atividades caracterizam-se por apresentar objetivos pouco estruturados, que, aos poucos, através de formulações, experimentações e aperfeiçoamento vão sendo melhorados. Esse tipo de metodologia proporciona, aos alunos, o contato com uma parte fundamental da Matemática que, de maneira geral, eles não chegam a conhecer. A Modelagem Matemática aparece como uma alternativa de mudança de um ensino tradicional para um ensino de vanguarda, que pressupõe a educação pela pesquisa (NINA, 2005, p. 27).

Para autora o aluno aprende ser autor pela ação investigativa da Modelagem Matemática, uma vez que ela torna o sujeito “capaz de pensar, estabelecer relações, justificar, analisar, discutir e criar” (NINA, 2005, p. 127) interpretações para os problemas que ocorrem no mundo.

Outro texto que traz um estudo dos quatro pressupostos fundamentais do EPP, propostos por Demo (2006), entrelaçados com a Modelagem Matemática foi o artigo “Modelagem Matemática: algumas discussões acerca do professor e o ensino por meio da pesquisa” de Braga et al. (2015). Esses autores investigam maneiras de se obter uma aprendizagem diferente daquela em que a aprendizagem matemática se dá pela “apresentação oral do assunto, seguido de exemplos e aprofundado com propostas de exercícios” (BRAGA et al., 2015, p. 2). Segundo os pesquisadores esse modo de aprender favorece um círculo vicioso de copiadores e reprodutores de conteúdo na Educação.

O texto afirma que, na prática de educar pela pesquisa, “não pode se utilizar de materiais didáticos pensados e construídos por outras pessoas” (BRAGA et al., 2015, p. 4). É necessário cultivarmos uma prática questionadora e de desconstrução do que existe, para a partir da síntese e crítica reconstruir o material didático para aprender matemática. Desse modo, a “preocupação crucial será cultivar a proximidade entre o que se aprende na escola, com a vida real, não só por conta da possível utilidade imediata, nem sempre muito visível, mas sobretudo por conta da relação entre teoria e prática, ou entre qualidade formal e política” (DEMO, 2006, p. 55).

O trabalho de Braga et al. (2015) corrobora os dizeres de Nina (2005), ao afirmar que na Educação Matemática é necessário o professor “apropriar-se de métodos de ensino capazes de fazer [...] uma] associação entre a teoria e a prática considerando o questionamento e reconstrução na aprendizagem” (BRAGA et al., 2015, p. 4). A melhor escolha, segundo esses autores, é a Modelagem Matemática, pois ela “promove um caminho metodológico bem

próximo do que expõe Demo (2006) sobre essa aproximação da escola com a realidade do aluno e por fazer uso do ensino pela pesquisa” (BRAGA et al., 2015, p. 4).

Desse contexto, pode-se afirmar tanto por Nina (2005) quanto por Braga et al. (2015), que a Modelagem Matemática é a exemplificação prática do que Demo (2006) propõe em teoria. Braga et al. (2015) constata que uma das pesquisadoras que, nos últimos anos, vem trabalhando com essa ideia da Modelagem Matemática como prática para pesquisa, em sala de aula, é a professora Dr<sup>a</sup>. Maria Salett Biembengut, ela já conceituou modelagem da seguinte forma:

[...] a modelagem matemática no ensino pode ser um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ele ainda não conhece [...]. Isso porque é dado ao aluno a oportunidade de estudar situações-problema por meio de pesquisa (BIEMBENGUT e HEIN, 2000, p. 18).

[...] promover modelagem matemática no ensino implica também ensinar o estudante, em qualquer nível de escolaridade, a fazer pesquisa sobre um assunto de seu interesse (BIEMBENGUT , 2009, p.22).

Na modelação[Modelagem na Educação], atuamos em duas abordagens: uma, ensino, que nos permite desenvolver o conteúdo curricular e, ao mesmo tempo, apresentar o processo da modelagem e, noutra frente, pesquisa, em que orientamos os estudantes a modelar. Estas abordagens ocorrem integradas, simultâneas (BIEMBENGUT , 2014, p.41).

Há mais de quinze anos a pesquisadora vem contribuindo para o entendimento da modelagem como fazer pesquisa em qualquer nível de ensino da Educação Matemática. Ao trabalhar com essa perspectiva é necessário discutir alguns conceitos que a evolvam. Iniciamos pela ideia de modelo.

Na literatura existem várias interpretações do que seja modelo. Ao buscarmos relacionar esse conceito com a discussão de autoria podemos destacar três ideias que circundam o conceito de modelo. A primeira, é o entendimento de que modelos são projetos que permitem a produção de algo (BIEMBENGUT , 2014). A segunda, é a compreensão de que modelos são mapas para compreendermos o que estamos a fazer (CHWIF e MEDINA, 2015). A última ideia, é que modelos são instrumentos de avaliação do mundo, ou seja, ler “o mundo e tentar entende-lo em seus muitos e diversos aspectos” (MEYER, CALDEIRA e MALHEIROS, 2011, p. 15).

Ao observar esses três entendimentos sob uma ótica temporal, pode-se dizer que a primeira ideia é planejar a produção de algo, assim o modelo está a olhar para o tempo futuro, por exemplo a Modelagem Matemática de uma planta de uma casa. Na segunda, a ideia é de estar a produzir algo, desse modo está a olhar para o tempo presente, por exemplo a modelagem para a construção de uma parede, em uma obra já iniciada. Na terceira, a ideia é de que algo já

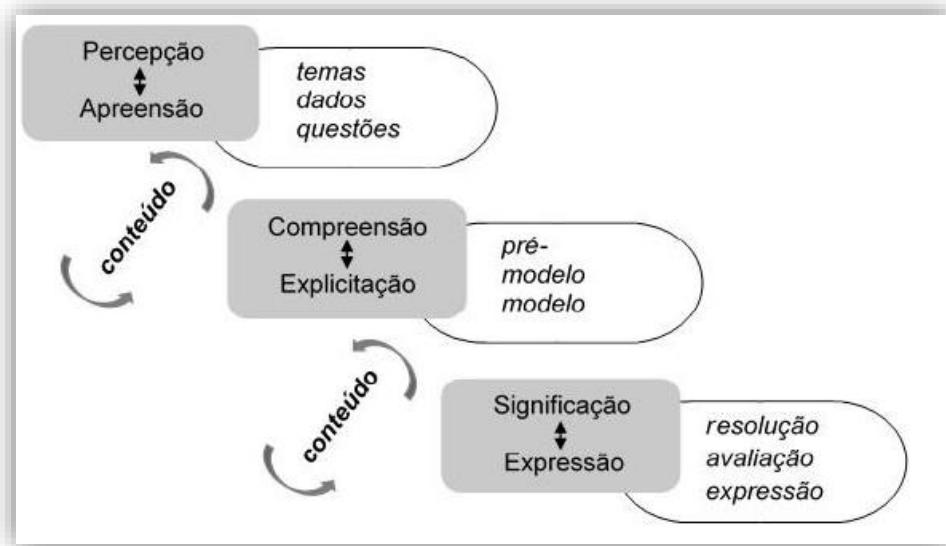
foi produzido, por isso estamos a olhar para o tempo passado, por exemplo a construção de um modelo para o entendimento do escoamento de um derramamento de petróleo.

Dessas concepções temporais e autorais podemos conceituar modelo como a: “criação humana a partir da contemplação da natureza e da tentativa de compreendê-la , imitá-la e modifica-la [que] permita-nos produzir outras tantas coisas, formar ou combinar outros sons, ouras imagens e até outras naturezas” (BIEMBENGUT , 2016, p. 89). A Modelagem Matemática seria o processo de obter essa criação, ou nos dizeres de Meyer e Sossae (2006)

[...] podemos descrever a modelagem matemática como a formulação de uma situação-problema, sua análise e simplificação, sua transformação em uma expressão matemática, sua resolução (ou resolução aproximada), e as avaliações de sua solução. Esse pequeno roteiro omite as idas e vindas que alguns desses passos pressupõem, e deixa de realçar a criatividade que alguns passos exigem- e também não conta nossas frustrações quando nossa modelagem não nos leva sequer a uma melhor compreensão do problema que estamos tentando entender, para poder encaminhar alguma resolução (MEYER e SOSSAE, 2006, p.149)

Os autores explicam que existem vários esquemas para descrição didática da Modelagem Matemática, um que tem como objetivo central criarmos condições para que os estudantes aprendam a fazer pesquisa é apresentado nos escritos de Biembengut (2014). Nesse esquema a autora apresenta a modelagem em três fases: *Percepção e Apreensão; Compreensão e Explicitação; e Significação e Expressão*. Fases que mostramos na Figura 6.

Figura 6 – Fases da Modelagem Matemática com objetivo de aprender a fazer pesquisa



Fonte: (BIEMBENGUT , 2014, p.46).

Na primeira fase, *Percepção e Apreensão* é o momento em que há apresentação do tema para os alunos, ele pode ser escolha: ou do professor, ou do aluno ou imposto pela sociedade.

É nessa fase inicial que se promove a conexão da Matemática com o cotidiano e/ou com outras áreas do conhecimento. Meyer e Sossae (2006) explicam que esse é o momento de ouvir a comunidade de onde o problema se origina, contudo, pela nossa compreensão dos escritos de Biembengut e Hein (2000), Biembengut (2014) e Monteiro (1991) se não for possível uma comunicação síncrona (simultânea) com os sujeitos de onde o problema se origina, pode-se fazer uma comunicação assíncrona (não-simultânea) mediada por jornais, imagens, vídeos, WhatsApp, entre outras mídias. É nesse diálogo, síncrono ou assíncrono, que na Educação os estudantes “percebam uma situação-problema que permita efetuar o ‘caminho’ de pesquisa e, por assim, ter que se *apreenderem* dados diversos sobre o tema a ser modelado” (BIEMBENGUT, 2014, p. 44, grifos da autora).

A segunda fase, *Compreensão e Explicitação* é a mais demorada, uma vez que é nela que os alunos formularão: hipóteses simplificadoras, o problema e o modelo. É nesse momento que se ensinará “os conteúdos curriculares e não curriculares requeridos, apresentar exemplos análogos e efetuar avaliações” (BIEMBENGUT, 2014, p. 44). As características dessa etapa são, em um primeiro momento o diálogo entre o(s) modelador(es) e a sociedade, por isso, do ponto de vista educacional, é momento de “‘saída a campo’ – visita em algum local onde os estudantes melhor se inteirem do tema e conversem com um especialista” (BIEMBENGUT, 2014, p. 44). Depois são as ações dos matemáticos (estudantes, no caso da Educação), isto é o estudo e desenvolvimento do modelo matemático (MEYER e SOSSAE, 2006).

A última fase, *Significação e Expressão* é nela que se dá a validação do modelo, ou seja, se a construção matemática resolve ou não o problema do tema inicial, a significação. É nela que a criação do aluno se mostra enquanto produto da pesquisa, finalizando o processo na prática de o estudante comunicar o que foi realizado, seja por apresentação oral ou escrita (BIEMBENGUT, 2014).

Neste trabalho a modelagem matemática foi implementada com a utilização de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação – TDIC. Segundo Skovsmose (2015, p. 16), “Criar uma harmonia entre o trabalho de projecto e as actividades da sala de aula tem sido o grande desafio para a educação matemática baseada em projectos”. Ainda segundo esse pesquisador, “os computadores na educação matemática têm ajudado a estabelecer novos cenários para investigação” (SKOVSMOSE, 2015, p. 17).

Cenários que na Cultura Digital não são de consumo de informação, mas sim de produção, a ação de produzir em uma cultura digital, segundo Deuze (2006), dá-se pelo

entrelaçamento remixado<sup>6</sup> entre tecnologias antigas e novas com uma contínua, personalizada e mais ou menos autônoma montagem, desmontagem e remontagem da realidade mediada. Esse contexto é intrinsecamente ligado ao questionamento: qual a utilidade da matemática para os alunos?

Para nós, a Matemática serve para que a gente possa fazer uso dela, e, a partir desse uso, compreender mais da realidade, compreender mais das situações da vida. E acreditarmos que, para os alunos...

Desta maneira, quando deslocamos essa ideia da Matemática Aplicada, sustentada pela Matemática Pura, para as questões educacionais, deve sempre existir a consciência de que há ali *alunos que precisam aprender Matemática para viver*, e é necessário saber o que esse aluno precisa saber de Matemática, para que precisará dela e como essa Matemática vai chegar até ele (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011, p. 39, grifos nossos).

Constatamos, nos dizeres desses autores, que há um mover-se, intenso, entre as bases dessas quatro áreas, em que o aluno precisa investigar, personalizar, montar, desmontar e remontar situações do seu cotidiano. Esse aprender se procede pela Modelagem Matemática, por ter como característica quatro passos, três tradicionais dela e um advindo da cultura digital: “o da *formulação*, o do estudo de *resolução* (ou, em muitos casos – aliás a maioria – o de resolução aproximada), o de *avaliação*” (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011, p. 17, grifos do autor), e o *remix* que, aqui, podemos chamar de protótipo, pois esse representa um primeiro modelo (produto) modificado por outra pessoa ou pelo próprio produtor, emaranhado por tecnologias antigas e novas.

Embora tenhamos encontrado trabalhos que fazem a conexão entre modelagem e o educar pela pesquisa, não encontramos nenhum trabalho que abordasse a Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital numa perspectiva do EPP. O que indica uma carência de estudos nesse entrelaçamento, bem como a importância e a originalidade dessa tese.

Desse contexto, nesta investigação, discutimos o desafio coletivo de implementar uma prática educativa nas aulas de matemática relacionadas à modelagem no contexto da cultura digital em curso técnico em meio ambiente. Entendemos que o trabalho coletivo, além de possibilitar a produção de saberes necessários para o desenvolvimento do ensino pela pesquisa, possibilita também a criação de uma “cultura favorável” no interior das instituições escolares para enfrentar diferentes tipos de desafios presentes no cotidiano escolar.

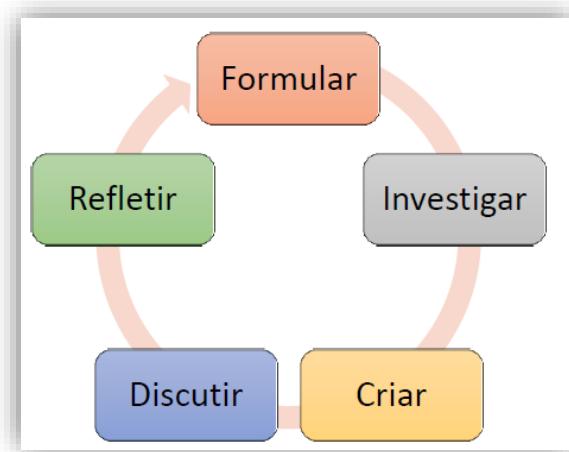
No caso do grupo que investigamos, vê-se nos apêndices 5, 6 e 7 o entrelaçamento do EPP à Modelagem Matemática em uma busca por uma metodologia que levassem as ações dos

---

<sup>6</sup> Obra modificada por outra pessoa ou pelo próprio autor.

alunos a tomada de decisões e a construção de protótipos tecnológicos. Foi nessa busca que o grupo adaptou, dos escritos de Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014), fases cíclicas do processo de Modelagem Matemática: na primeira fase formulamos um problema; na segunda investigamos, planejamos e executamos prováveis soluções; na terceira criamos protótipos, jogo ou robô; na quarta etapa discutimos sobre a relação entre o produto e o real; por fim, na quinta fase refletimos sobre o que aprendemos durante o processo. A Figura 7 sintetiza tais dizeres.

Figura 7 – Ilustração das fases da Modelagem



Fonte: Adaptado de Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014)

Nesse caminho criado pelos grupos pesquisados os alunos foram incentivados a fazem perguntas e realizarem pesquisas sobre temas que estão interessados, assim os grupos criaram modelos para descoberta e explicação das coisas do mundo. Em um processo de ida e vinda por esse caminho trilhado os discentes tinham duas metas: a primeira foi produzir uma tecnologia digital que interferisse no ambiente, assim criaram o Regador Automático, a Descarga Digital e o Chuveiro Inteligente. A outra meta foi a de investigar como a tecnologia desenvolvida por eles favorecia ou não a econômica de água. Nos capítulos seguintes argumentamos sobre os procedimentos metodológicos que produziram os dados desta pesquisa, bem como a discussão e análise para a implementação do trabalho educativo pela pesquisa, com Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital possibilitou aos grupos investigados a alcançarem suas metas.

#### **4 SOBRE OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Ao vislumbrar uma relação entre a pergunta investigada com os objetivos apontados, verificamos que esta pesquisa é de natureza qualitativa, uma vez que acreditamos na existência de uma interação dinâmica entre o mundo real com o sujeito, ou seja, uma conexão entre objetividade e subjetividade. Buscamos, assim, interpretar a realidade dentro de uma visão holística<sup>7</sup>, sistêmica<sup>8</sup> e dialógica (OLIVEIRA, 2005; FREIRE, 1970). As raízes históricas da pesquisa qualitativa estão no século XIX quando

[...] os cientistas sociais começaram a indagar se o método de investigação das ciências físicas e naturais, que por sua vez se fundamentava numa perspectiva positivista de conhecimento, deveria continuar servindo como modelo para o estudo dos fenômenos humanos e sociais (ANDRÉ, 1995, p. 16).

Entretanto, ela foi muito rejeitada como modalidade de pesquisa no campo da ciência. As pesquisas só tinham respeito no círculo científico se fossem realizadas de forma quantitativa. Não era importante compreender o “porquê” das coisas, apenas retratar uma realidade numérica e temporal. No entanto, compreendo que a importância de realizar uma pesquisa qualitativa e utilizar dados quantitativos não diminuirá seu caráter qualitativo; pelo contrário, uma modalidade híbrida tende a oferecer condições para compreender um contexto de forma mais ampla e verdadeira, não esquecendo os detalhes macros e micros, se isso for possível. Sendo assim, essas modalidades que por muito tempo foram oposições tendem a se complementar. “A pesquisa qualitativa e a quantitativa não são opostos incompatíveis que não devam ser combinados” (FLICK, 2009, p. 95).

Posso fazer uma pesquisa que utiliza basicamente dados quantitativos, mas na análise que faço desses dados estarão sempre presentes o meu quadro de referência, os meus valores e, portanto, a dimensão qualitativa. As perguntas que eu faço no meu instrumento estão marcadas por minha postura teórica, meus valores, minha visão de mundo. Ao reconhecer essas marcas da subjetividade na pesquisa, eu me distancio da postura positivista, muito embora esteja tratando com dados quantitativos (ANDRÉ, 1995, p. 24).

Superando a dicotomia entre essas modalidades, enumero algumas características:

- a) Na investigação qualitativa, a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;

---

<sup>7</sup> Considera-se “que a parte só pode ser compreendida a partir do todo” (JAPIASSÚ; MARCONDES, p. 130, 2001).

<sup>8</sup> É compreender a realidade de forma holística, percebendo que tudo está interligado e que os fenômenos interagem e influenciam-se mutuamente de forma dinâmica e complexa (SENGE, 1990).

- b) A investigação qualitativa é descritiva;
- c) Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
- d) Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
- e) O significado é de importância vital na abordagem qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1991, p. 47-50).

Tais características evidenciam um conjunto de práticas materiais, cujo foco recai sobre a importância do pesquisador estar no campo de pesquisa, da sua capacidade de interpretação subjetiva,

[...] bem como daqueles que estão sendo estudados, tornam-se parte do processo de pesquisa. As reflexões dos pesquisadores sobre suas próprias atitudes e observações em campo, suas impressões, irritações, sentimentos, etc., tornam-se dados em si mesmos, construindo parte de interpretação e são, portanto, documentados em diários de pesquisa ou em protocolos de contexto (FLICK, 2009, p. 25).

O olhar subjetivo no campo de pesquisa é responsável por detectar indicadores que orientem as ações no campo de pesquisa. Nem sempre caminhos metodológicos preestabelecidos podem oferecer material de valor a ser interpretado. Se o campo de pesquisa envolve o cotidiano escolar, o tempo e resposta para decisões e construção de dados são praticamente instantâneos. É preciso interpretar e decidir quais aspectos são importantes no caminho da construção da pesquisa. Para tal, faz-se necessário o uso de eficazes instrumentos de registros de dados, os quais passamos a apresentar nos tópicos seguintes.

#### **4. 1 O Modelo de Investigação Social chamado Pesquisa Participante**

A pesquisa participante (PP) está entrelaçada à educação popular, tendo, no Brasil, na experiência de alfabetização, em Angicos no Rio Grande do Norte, realizada por Paulo Freire como uma investigação precursora desse modelo de investigação social (BRANDÃO e BORGES, 2007). Segundo Freire (1981, p. 119) a “investigação da ação do pensar do povo não pode ser feita sem o povo, mas com ele, como sujeito de seu pensar”. Nessa investigação, o educador teria o papel diretivo de, com o sujeito, buscar processos de codificação e decodificação dos códigos do mundo, para lê-los e dizer a beleza de seu mundo (STRECK, 2013).

A pesquisa participante “tende a ser concebida como um instrumento, um método de ação científica ou um momento de um trabalho popular de dimensão pedagógica e política,

quase sempre mais amplo e de maior continuidade do que a própria pesquisa” (BRANDÃO e BORGES, 2007, p. 53). Observamos pelos dizeres que, esse modelo investigativo, se movimenta ao redor de uma dada realidade de uma certa comunidade. Logo, nela não há pesquisa sem o participante, ele, o outro, é essencial. Assim, a PP é um processo de percepção e ação, em que existe, sempre, uma mudança na situação, movimentando-se ao redor de uma realidade de uma certa comunidade (BRANDÃO, 2006).

A partir desse conceito, pode-se afirmar que a pesquisa participante busca plena participação social para benefício dos participantes da investigação. Juntos pesquisador e pesquisado em coautoria buscam alternativas para resolverem os problemas da comunidade pesquisada. De forma resumida, a PP pauta-se em quatro propósitos, segundo Brandão (2006):

- a) ela responde de maneira direta à finalidade prática a que se destina, como meio de conhecimento de questões a serem coletivamente trabalhadas;
- b) ela é um instrumento dialógico de aprendizado partilhado e, portanto, [...] possui organicamente uma vocação educativa e, como tal, politicamente formadora;
- c) ela participa de processos mais amplos e contínuos de construção progressiva de um saber popular e, no limite, poderia ser um meio a mais na criação de uma ciência popular;
- d) ela partilha, com a educação popular, de toda uma ampla e complexa trajetória de empoderamento dos movimentos populares e de seus integrantes. (BRANDÃO, 2006, p. 46).

Tais propósitos nos mostram que a pesquisa participante é um processo de atitude, em que o trabalho coletivo aumenta o entendimento e a percepção da situação do problema que o grupo está inserido, depois os sujeitos, da comunidade, agem para resolver o problema em seu benefício próprio (EZPELETA e ROCKWELL, 1989). Para esses autores PP acontece em uma situação real, na qual há uma mobilização da própria população motivada em querer melhorar a própria situação. O processo que ela, a PP, desenvolve é totalmente coletivo e uma experiência educativa. Para tal, ela tem princípios da ação social:

- O ponto de origem da pesquisa participante deve estar situado em uma perspectiva da realidade social;
- Deve-se partir da realidade concreta da vida cotidiana dos próprios participantes individuais e coletivos do processo;
- Os processos, as estruturas, as organizações e os diferentes sujeitos sociais devem ser contextualizados em sua dimensão histórica, pois são momentos da vida, vividos no fluxo de uma história;
- A relação tradicional de sujeito-objeto, entre investigador-educador e os grupos populares deve ser progressivamente convertida em uma relação do tipo sujeito – sujeito;
- A pesquisa participante deve ser pensada como um momento dinâmico de um processo de ação social comunitária;
- As questões e os desafios surgidos ao longo de ações sociais definem a necessidade e o estilo de procedimentos de pesquisa participante;

- A participação popular comunitária deve se dar, preferencialmente, através de todo o processo de investigação-educação-ação;
- O compromisso social, político e ideológico do/da investigador (a) é com a comunidade, é com pessoas e grupos humanos populares, com as suas causas sociais;
- Não existe neutralidade científica em pesquisa alguma e, menos ainda, em investigações vinculadas a projetos de ação social.
- É do constante diálogo não doutrinário de parte a parte que um consenso sempre dinâmico e modificável deve ir sendo também construído;
- A investigação, a educação e a ação social convertem-se em momentos metodológicos de um único processo dirigido à transformação social;
- [...] os conhecimentos de uma pesquisa participante devem ser produzidos, lidos e integrados como uma forma alternativa emancipatória de saber popular (BRANDÃO e BORGES, 2007, p. 54-55).

Brandão e Borges (2007) afirmam que os princípios ditos acima têm, de modo geral, propiciado mais ganhos teóricos e ideológicos do que realizações práticas. Contudo, sua força ainda está em aspirar diferentes dimensões de transformações de ações sociais, de vocação comunitária e popular. Construindo solidariamente saberes e valores produzidos pela experiência co-participadas de criação coletiva de saberes.

Para Brandão e Borges (2007), uma teoria científica, por ser uma interpretação, tem seu valor pelo teor de diálogo, não pelo acúmulo de certezas absolutas. Se Freire (2011a) constata que investigação teórica, sem prática, pode ir virando “blá-blá-blá”, essa constatação, para Brandão e Borges (2007, p. 57), é uma “experiência de pensamento fundamentalista, como o de qualquer religião ou qualquer outro sistema de sentido fanático”. Assim, o compromisso é lembrar que o conhecimento produzido, pela PP, desagua em primeiro lugar em uma comunidade cultural intitulada educação, depois em pequenas e insubstituíveis comunidades sociais chamadas escolas, salas de aulas (BRANDÃO e BORGES, 2007). Nessa investigação-ação, passa a ser importante a união de todos para encontrar soluções possíveis de serem executadas, a fim de alcançar a emancipação dos problemas que são impostos a nós. Isso transforma a realidade. Tais problemas e soluções são discutidos e analisados nos próximos capítulos, agora, passamos a discutir o espaço e os sujeitos desta investigação.

## **4. 2 O Espaço de Pesquisa e os Sujeitos da Pesquisa**

A construção do espaço de pesquisa, em um contexto socioeducacional, dá-se a partir do momento em que o investigador entra em contato com o “mundo” dos investigados. Todavia, segundo Skovsmose (1994), não se entra em contato com uma “realidade” sem estruturá-la. Para Souza Júnior (2000), essa estruturação não se faz de imediato. É necessário que o

pesquisador se aproxime da realidade pesquisada de forma gradual, pois ela está em eterno movimento, além de ser relativa ao sujeito que estrutura e a interpreta.

Para Brandão (2006) conhecer o espaço da pesquisa é fundamental para que os sujeitos pesquisados participem da investigação com afinco-o, assim pode-se entrelaçar os interessados e as expectativas dos sujeitos com as do pesquisador. Nessa etapa, tais interessados começam a formar grupos conforme seus interesses e é, também, o momento de estabelecer um primeiro levantamento das situações, dos problemas prioritários e eventuais ações. É um processo histórico da constituição da pesquisa.

Tal aproximação com a realidade investigada iniciou-se quando trabalhei como professor substituto no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) nos anos de 2012 a 2013. Esse período foi importante para conhecer a história da instituição e vislumbrar sua dinâmica, além de observar as boas condições para se realizar a pesquisa.

O IFTM – Câmpus Uberlândia, está localizado no estado de Minas Gerais, no município de Uberlândia, na fazenda Sobradinho, distante a 25 quilômetros (Km) do centro da cidade. Ele foi criado pelo Termo de Acordo de 21 de outubro de 1957, firmado entre a União e o Governo do Estado de Minas Gerais. Inicialmente chamado de Colégio Agrícola de Uberlândia. Em 04 de setembro de 1979 foi renomeado para Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia pelo Decreto nº 83.935. Foi em 29 de dezembro de 2008, com a promulgação da Lei Federal nº 11.892, que a Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia se transforma em um Câmpus e passa a integrar o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM (IFTM, 2013).

O IFTM é composto por uma Reitoria, sete Câmpus e seis polos presenciais. A Reitoria fica no município de Uberaba, já os Câmpus ficam nos municípios de: Ituiutaba, Paracatu, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba, Uberlândia e Uberlândia Centro. Por fim, os polos presenciais são nos municípios de: Araguari, Campina Verde, Caxambu, Conceição das Alagoas, Ibiá e Sacramento (IFTM, 2013).

O IFTM é uma instituição de Educação especializada na oferta de Educação Profissional Técnica de Nível Médio, Tecnológica de Graduação e de Pós-Graduação, Formação Inicial e Continuada de trabalhadores - FIC e Educação de Jovens e Adultos – PROEJA. Assim, ele trabalha nos níveis de educação superior, básica e profissional de forma pluricurricular e em multicampi, por isso, tem a incumbência de exercer o papel de instituição acreditadoras e certificadoras de competências profissionais (IFTM, 2013).

O primeiro curso profissionalizante ofertado pelo IFTM foi o de Técnico em Agropecuária, com a primeira turma formada em 1972. A partir do ano 2000 iniciaram outros cursos e modalidades na instituição, cursos técnicos como: Técnico em Agropecuária e Técnico em Agroindústria, Técnico em Informática e Técnico em Meio Ambiente, na modalidade subsequente ao Ensino Médio, ou seja, esses cursos só eram oferecidos a quem já tinha concluído o Ensino Médio.

O primeiro curso na modalidade concomitante ao Ensino Médio e Superior de Tecnologia foram respectivamente os cursos: Técnico em Informática e Alimentos, em 2005. Cursos na modalidade concomitantes, permitem aos alunos fazerem o ensino profissionalizante ao mesmo tempo que cursam o Ensino Médio, na modalidade os discentes têm duas matrículas distintas para cada curso, os quais podem ocorrer na mesma instituição ou não.

Em 2009, o curso Técnico em Informática passou por reformulações e foi renomeado para Curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática e, junto ao Curso Técnico em Agropecuária começaram, no referido ano, a serem ofertados na modalidade integrada ao Ensino Médio. A modalidade integrada é quando os alunos têm a formação profissional e de nível médio, na mesma instituição de ensino, com uma única matrícula para cada aluno. A certificação do estudante está condicionada à conclusão total do curso (IFTM, 2013).

A partir de 2010, o Câmpus passou a ofertar outros cinco cursos de graduação: Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet, Curso Superior de Licenciatura em Computação, de Tecnologia em Logística e o de Bacharelado em Engenharia Agronômica. Entretanto, em 2012, o IFTM da cidade de Uberlândia passou a ter dois Câmpus com autonomia administrativa e pedagógica: O Câmpus Uberlândia e o Câmpus Avançado Uberlândia, hoje, Câmpus Uberlândia Centro. Assim sendo, o Câmpus Uberlândia Centro ficou responsável pelos cursos Superiores de Tecnologia em Sistemas para Internet, Licenciatura em Computação e Tecnologia em Logística. Além de criarem Curso Técnico em Redes de Computadores. A partir de 2013, o IFTM-Câmpus Uberlândia, passou a ofertar o curso Técnico em Meio Ambiente na modalidade integrada ao Ensino Médio (IFTM, 2013).

Em 2015 o IFTM atendeu à mesorregião do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e parte do noroeste do Estado de Minas Gerais, pode-se resumir o processo histórico dele em um cronograma sucinto:

- 21 de outubro de 1957 – criação do Colégio Agrícola de Uberlândia.
- 23 de outubro de 1957 – publicação no Diário Oficial da União o termo de acordo firmado entre a União e o Estado de Minas Gerais que permitiu a fundação da Instituição.
- 20 de novembro de 1962 – assinatura do termo de renovação do acordo entre União e Estado de Minas Gerais.

- 13 de fevereiro de 1964 – designação do Colégio Agrícola de Uberlândia pelo Decreto nº 53.558.
- Dezembro de 1977 – tem início a reforma e a ampliação das instalações e equipamentos decorrente do Contrato de Empréstimo 379/SF-BR celebrado entre o Ministério da Educação e cultura S. G./ PREMEM e Banco Interamericano de Desenvolvimento.
- 4 de setembro de 1979 – mudança da nomenclatura para escola Agrotécnica Federal de Uberlândia, pelo Decreto nº 83.935.
- 5 de setembro de 1979 – publicação no Diário Oficial da União o novo nome da escola.
- 7 de outubro de 1980 – reconhecimento da escola pela Portaria nº 086 do Ministério da Educação e Cultura.
- 13 de abril de 1982 – assinatura do primeiro Termo de Convênio entre a Coordenação Nacional do Ensino Agropecuário e Prefeitura Municipal de Uberlândia, com objetivo de apoiar o ensino de 1º grau e pré-escolar desenvolvido na Escola Municipal de 1º Grau de Sobradinho. Vários termos sucessivos foram assinados e até hoje funciona, no anexo do IFTM (Uberlândia), a Escola Municipal de Sobradinho que oferece o Ensino Básico às crianças da região.
- 1979 - primeiro ano de funcionamento do curso concomitante Técnico em Agropecuária.
- 22 de julho de 1998 – inauguração do Anfiteatro.
- 21 de julho de 1999 – inauguração da Biblioteca.
- Maio de 2000 – inauguração do Centro de Treinamento.
- 2003 – primeiro ano de funcionamento do curso Técnico pós-médio em Meio Ambiente.
- 2005 - primeiro ano de funcionamento do curso concomitante Técnico em Informática.
- 2005 – primeiro ano de funcionamento do curso superior de Tecnologia em Alimentos de Origem Animal e Vegetal.
- 2008 – inauguração do prédio destinado ao curso superior em Tecnologia de Alimentos.
- 2008 – a Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia, pela Portaria nº16, de 31 de março de 2008, tendo em vista o disposto no item 6.2 da chamada pública MEC/SETEC n.º 002/2007, de 12 de dezembro de 2007, foi transformada em Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFET), mediante integração com o Centro Federal de Educação Tecnológica de Uberaba. Outros 3 Câmpus também constituem o Instituto: Ituiutaba, Paracatu e Patrocínio. Sua reitoria está localizada no Município de Uberaba (MG).
- 2009 – foi inaugurado o prédio do Câmpus Avançado Uberlândia, hoje, Câmpus Uberlândia Centro, situado na área urbana da cidade, à Av. Blanche Galassi n. 150 – Bairro Altamira.
- 2010 – Primeiro ano de funcionamento dos seguintes cursos de Graduação: Licenciatura em Computação e Tecnologia em Sistemas para Internet.
- 2011 - primeiro ano de funcionamento dos seguintes cursos de Graduação: Engenharia Agronômica e Tecnologia em Logística. O Curso Técnico em Meio Ambiente passa a oferecer aulas teóricas no prédio do Câmpus Avançado de Uberlândia, hoje, Câmpus Uberlândia Centro.
- 2012- Abertura da I Turma do Curso Técnico em Redes de Computadores no Câmpus Avançado de Uberlândia, hoje, Câmpus Uberlândia Centro.
- 2013 - O IFTM-Câmpus Uberlândia, passa a ofertar o curso Técnico em Meio Ambiente na modalidade integrada ao Ensino Médio (IFTM, 2013, p.11 a 13).

Nessa aproximação inicial, os interesses da pesquisa, bem como as condições mais favoráveis à realização dela, direcionaram-se ao curso Técnico em Meio Ambiente na modalidade integrada ao Ensino Médio. Esse curso existe desde 2013 e é destinado a alunos que concluirão o 9º ano do ensino fundamental. Ele tem uma boa infraestrutura para o atendimento das necessidades técnicas e pedagógicas, pois “dispõe de laboratórios de microbiologia e de análise físico-química de água e de efluentes, além de Estação Climatológica, estação de tratamento de efluentes e viveiro de mudas nativas do cerrado” (IFTM, 2015, p. 1).

Segundo IFTM (2015), os alunos participam de visitas técnicas e eventos científicos, com o objetivo de desenvolver o espírito crítico e reflexivo, assim como todos os professores que ministram aulas para tal curso são mestres ou doutores. O que propicia aos alunos desse curso a inserção em projetos de pesquisa e iniciação científica. Uma dessas iniciativas é a Semana Multidisciplinar que é

[...] um evento anual promovido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Câmpus Uberlândia para despertar a interdisciplinaridade e a transversalidade de conhecimentos técnico-culturais de seus discentes. A Semana Multidisciplinar é uma das atividades comemorativas realizadas anualmente durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) promovida pelo Governo Federal e parcerias. Em Uberlândia, MG, participam a Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e o IFTM – Câmpus Uberlândia. Entre as atividades da Semana Multidisciplinar estão incluídas ações didático-pedagógicas, culturais, artísticas e inovadoras, inseridas nos eventos denominados Semana do Livro e da Biblioteca, Feira de Conhecimentos (FEICON) e Feira de Novos Produtos (FNP), realizados por servidores docentes e técnicos administrativos da Instituição para a comunidade acadêmica e sociedade civil (IFTM, 2015).

Devido a essa demanda, a instituição solicitou aos professores, no início do ano de 2015, que escolhessem um tema e o trabalhassem, no decorrer do ano, com no máximo quatro grupos de no máximo cinco alunos, ações de investigação científica, inovações em produtos e/ou criação de novos produtos, para que fossem expostos e apresentados nesse evento, sendo que os melhores colocados representariam a instituição em um evento chamado Ciência Viva, de cunho municipal, promovido pela Universidade Federal de Uberlândia. No site oficial, o Ciência Viva e seus objetivos são assim descritos:

A Ciência Viva é uma exposição anual aberta ao público, em que estudantes da educação básica das instituições de ensino público e privado do município de Uberlândia-MG, nas modalidades de ensino regular (ensino fundamental e médio), educação profissional técnica de nível médio e educação de jovens e adultos (EJA), compartilham suas experiências e apresentam trabalhos científicos.

#### OBJETIVOS

Divulgar e popularizar a Ciência.

Promover o desenvolvimento da criatividade e da capacidade inventiva e investigativa na construção do conhecimento como forma de trabalho, capaz de despertar vocações e de revelar capacidades, contribuindo ainda para a formação cidadã dos estudantes (UFU, 2015, p. 1).

Esses dois eventos oferecem às estudantes premiações. As quais vão desde medalhas a bolsas de Iniciação Científica Júnior, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Tanto a Semana Multidisciplinar quanto o Ciência Viva estão associados, em âmbito nacional, à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT). Essa semana é coordenada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e está em sua 12<sup>a</sup> edição. Ela foi estabelecida

[...] pelo Decreto Nº 5.101, de 8 de Junho de 2004. Ela é realizada no mês de outubro sob a coordenação do MCTI, por meio do Departamento de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia (DEPDI/SECIS) – e conta com a colaboração de secretarias estaduais e municipais, agências de fomento, espaços científico-culturais, instituições de ensino e pesquisa, sociedades científicas, escolas, órgãos governamentais, empresas de base tecnológica e entidades da sociedade civil. Tem o Objetivo de aproximar a Ciência e Tecnologia da população, promovendo eventos que congregam centenas de instituições a fim de realizarem atividades de divulgação científica em todo o País em linguagem acessível à população e por meio inovadores que estimulem a curiosidade e motivem a população a discutir as implicações sociais da Ciência e aprofundar seus conhecimentos sobre o tema (MCTI-MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2015, p. 1).

Para atender esse decreto, o IFTM – Câmpus Uberlândia colocou na entrada da secretaria da escola, no início do ano de 2015, um banner, para que os alunos escolhessem o professor orientador, a área de orientação e o sub-tema. O Quadro 13 apresenta nossos grupos de trabalho.

Quadro 13 – Momentos do processo de investigação

VIII SEMANA MULTIDISCIPLINAR 2015				
TEMA: Luz, Ciência e Vida				
PRÉ-INSCRIÇÃO DE TRABALHOS <sup>(1)</sup> DO DIA 13/02 AO DIA 06/03.				
PREPARE UM GRUPO DE TRABALHO E PROCURE JÁ UM ORIENTADOR!				
Dúvidas? Procurem a profa. xxx (sala 11) ou yyy (CGE)				
Nome do Professor	Área de Orientação <sup>(2)</sup>	Temas sugeridos	Alunos	Grupos
PMGMA	Meio Ambiente	Economia de Água	A1G1, A2G1 e A3G1	Natureza blue
			A4G2, A5G2 e A6G2	Árvore da vida-ifm
			A7G3, A8G3 e A9G3	Water World 2015
(1) Para Feira de conhecimento e Feira de Novos Produtos.				
(2) A Feira de conhecimento conta com as seguintes áreas: Ciências Agrárias Animal (CAAn); Ciências Agrárias Vegetal (CAVe); Ciências Agrárias Alimentos(CAAI); Ciências Exatas (CE); Ciências Humanas (CH); Ciências Biológicas (CB) e Meio Ambiente (MA).				

Fonte: próprio autor.

O quadro nos mostra que a 12<sup>a</sup> edição da SNCT teve como “tema, ‘Luz, ciência e vida’, foi baseado em decisão da Assembleia Geral das Nações Unidas, que proclamou 2015 como Ano Internacional da Luz, com o objetivo de celebrar a luz como matéria da ciência e do desenvolvimento tecnológico” (MCRI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2015, p. 1). Contudo, em ambos os eventos, foi aceito qualquer trabalho que envolvesse pesquisa e/ou desenvolvimento tecnológico.

Para esta pesquisa víhamos, desde 2014, nos aproximando desse contexto, trabalhando com outro professor da instituição, nomeamo-lo de PMGMA (Professor de Matemática dos Grupos de Meio Ambiente). No início do ano letivo a escola pede para que os professores definam temas para que os alunos possam pesquisar e sob orientação do docente possam participar dos eventos supracitados. Para atender às solicitações da instituição, PMGMA escolheu como tema, para orientar os alunos, a “Economia de Água”.

Ele é mestre e doutorando em Educação pela Universidade Federal de Uberlândia, trabalha no IFTM desde 2010. Mas os três primeiros anos de trabalho foi no Câmpus Uberaba e, desde o segundo semestre de 2013 está a trabalhar no Câmpus Uberlândia. Para nossa pesquisa, ele se apresentou assim:

Sou professor de matemática desde fevereiro de 1999. Na época, eu e um coletivo de amigos/as da UFU constituímos uma entidade chamada FUTURO Pré-vestibular Alternativo. Foi a paixão despertada nessa escola que me fez pedir transferência da Engenharia Elétrica/UFU para o curso de Matemática/UFU. Desde então, já trabalhei em inúmeras escolas das redes pública e privada. Dentre elas, uma municipal no Bairro Santa Mônica, na ESEBA (Escola de Educação Básica da UFU) e no IFTM. Hoje sou doutorando da Faculdade de Educação da UFU [ENTREVISTA].

O professor PMGMA orientou, ao todo, quatro grupos, contudo para nossa pesquisa escolhemos investigar os nove alunos do curso de Meio Ambiente que participaram dos dois eventos citados. Pesquisamos, então, três grupos, intitulados de Natureza blue, Árvore da vida-iftm e Water World 2015. O quarto grupo foi excluído, pois era composto por alunos do curso de Informática e colocamos a condição de só trabalhar com alunos do curso de Meio Ambiente. Assim, o primeiro grupo se apresentou da seguinte maneira:

“Natureza Azul” é um grupo institucional formado por três estudantes (e amigas!) do 2º ano do Curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Câmpus Uberlândia. [...] A1G1, A2G1 e A3G1 são três amigas ambientalistas que já se conhecem desde o início da vida no IF e juntamente com os professores PMGMA e Deive irão desenvolver sobre o tema “Economia de Água” [...] [ENTREVISTA].

Esse grupo formulou e buscou responder a pergunta: *será que a produção de uma tecnologia (uma descarga digital) que possibilita a inserção da quantidade litros, a ser usado no vaso sanitário, favorece a economia de água em uma residência?*

Para responder à indagação, definimos com o grupo duas metas: produzir a descarga digital, o dispositivo que controla a água da descarga de vasos sanitários, e, por consequência, investigar o volume de água gasto em média para dar descarga. O segundo grupo se apresentou como:

Somos alunos do Instituto Federal de Ciências e Tecnologias do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia, nós A4G2, A5G2 e A6G2 junto com os orientadores PMGMA e Deive, estamos desenvolvendo um robô que monitora quando uma planta quando está com “sede” o chamamos de Regador Automático [ENTREVISTA].

Esse outro grupo formulou e buscou responder à indagação: *será que a produção de uma tecnologia (um robô irrigador) que indica o consumo de água, das plantas, favorece a economia de água na agricultura?*

Ao almejar responder à pergunta, definimos com o grupo duas metas: produzir o regador automático, o robô irrigador. E investigar se o protótipo favorece ou não a economia de água na agricultura. Por fim, mas não finalmente, o último grupo se apresentou assim:

Somos alunos do IFTM, Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberlândia, do 2ºano. Os componentes do grupo são: A7G3, A8G3 e A9G3. Escolhemos este tema economia de água, pois estamos muito preocupados com o desperdício de água no dia a dia [ENTREVISTA].

Esse último grupo formulou e buscou responder à pergunta: *será que a produção de uma tecnologia (um Chuveiro Inteligente) que divide o banho em dois momentos, uma para se molhar e outro para enxaguar, favorece a economia de água e energia elétrica em uma residência?*

A ação para resolver esse problema foi estabelecer duas metas: produzir o chuveiro inteligente, a automação que educa nosso banho. E investigar o tempo médio mais adequado à economia e ao conforto humano durante o banho.

Os três problemas referem-se ao movimento de criar protótipos. Segundo Martin (2015), para tal ação são necessárias ferramentas digitais. De acordo com esse autor, tais ferramentas são diversas, entretanto as mais comuns são: computadores, *desktops*, *notebooks*, e o microcontrolador Arduino. Ainda, segundo Martin (2015), um microcontrolador é um pequeno

computador programável em um *chip*, que pode processar a entrada de diversos dispositivos como sensores, interruptores, dados de internet, e assim por diante. Além de controlar outros dispositivos de saída como motores, diodo emissor de luz (LEDs), telas e alto-falantes, pode, também, salvar os dados em uma memória cartão ou página da *web*. No *site* oficial, o Arduino é conceituado da seguinte forma: “O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, *designers*, *hobbistas* e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos” (ARDUINO, 2015, p. 1)<sup>9</sup>.

Já para Blikstein (2013), as referidas ferramentas são pontos de acesso às ideias sobre o pensamento e a experimentação: matemática, computacional e científica. Nesse contexto, a estrutura de um caminho metodológico, para esta investigação, passa pelo modo de produzir tecnologias digitais para a resolução dos problemas ambientais na perspectiva da educação matemática. Para tal, faz-se necessário o uso de eficazes instrumentos de registros de dados, os quais passamos a apresentar a seguir.

#### **4. 3 Instrumentos para Produção de Informações**

O uso de notas de campo, Fotografias, questionários e entrevistas não diretivas nos possibilitou compreender os documentos produzidos pelos alunos, pois tais documentos são um produto do aprendizado e o resultado do que foi discutido a partir dos significados que os pesquisados atribuíram à iniciação científica no contexto da Cultura Digital. Para a construção dos dados na escola, o projeto de pesquisa segue normativas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Uberlândia e utiliza os instrumentos que serão descritos a seguir.

##### *4. 3. 1 Notas de Campo*

Quanto ao recurso utilizado na pesquisa, Lakatos e Marconi (1982) definem que observação é

[...] uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. [...] A observação ajuda o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não têm consciência, mas que orientam seu comportamento. Desempenha papel importante nos processos observacionais, no contexto da descoberta, e obriga o

---

<sup>9</sup> Os grifos nas palavras dessa citação são pelas palavras serem estrangeiras.

investigador a um contato mais direto com a realidade (LAKATOS e MARCONI 1982, p. 65).

Dessa forma, de todos os recursos utilizados nesta pesquisa, um ainda muito útil é o registro fruto da observação do pesquisador inserido no campo de pesquisa. Esses registros são uma expressão clara dos acontecimentos, das emoções e de informações sobre o projeto. Durante esses registros, o pesquisador descreve o campo de pesquisa, mas expõe sua opinião. Torna-se, então, um momento de reflexão sobre o projeto e suas atividades.

O envolvimento do pesquisador no campo de pesquisa é importante como um processo de registro ativo dos acontecimentos ocorridos, uma maneira de capturar e registrar o modo como se desenvolve a pesquisa, como os sujeitos interagem. Nesse processo, em que o pesquisador executa uma narrativa de uma experiência, ele tem de se compreender dentro dela, pois está fazendo parte daquele espaço, daquela experiência (CONNELLY; CLANDININ, 1995). Completando o processo de constituição de notas de campo, Bogdan e Biklen (1991) explicam que:

Depois de voltar de cada observação, entrevista, ou qualquer outra sessão de investigação, é típico que o investigador escreva, de preferência num processador de texto ou computador, o que aconteceu. Ele ou ela dão uma descrição das pessoas, objectos, lugares, acontecimentos, actividades e conversas. Em adição e como parte dessas notas, o investigador registrará ideias, estratégias, reflexões e palpites bem como os padrões que emergem. Isto são as notas de campo: o relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiencia e pensa no decurso da recolha e reflectindo sobre os dados de estudo qualitativo (BOGDAN e BIKLEN, 1991, p. 150).

As notas de campo são instrumentos de registro de dados para pesquisa qualitativa. Para que as anotações estejam de acordo com o objetivo da pesquisa, é necessário um planejamento prévio do que deve ser anotado e observado, delimitando claramente o foco da investigação para não desviar da proposta inicial da pesquisa. Para tanto, a construção dessas notas de campo deve acontecer o quanto antes, visando registrar as diferentes informações descritivas e reflexivas.

#### *4. 3. 2 Fotografias*

Ao adotar a fotografia como recurso de registro de dados, nos baseamos no pensamento de Duarte e Barros (2008), que afirmam que a fotografia é:

[...] capaz de capturar o acaso, eternizar determinado instante, a fotografia representa uma visão simbólica da imagem original, a partir do olhar de quem produziu aquela imagem. Esses “poderes” da fotografia seriam utilizados de maneira diferenciada, de

acordo com o tipo de intenção daquela mensagem visual ou, ainda, da comunicação em que ela se insere (DUARTE e BARROS, 2008, p. 339).

Se, como é dito popularmente, uma imagem vale por muitas palavras, o que desejamos é expressar e registrar momentos, atitudes, expressões e produções intelectuais dos alunos. A fotografia, durante a investigação, é mais um olhar, o registro de determinados momentos, sob a visão daquele que fotografa.

Dessa forma, entendemos que a fotografia tem sua mensagem subjetiva, que expressa características importantes do olhar do pesquisador e, ainda mais, expressa quem é o pesquisador. Essas informações são traduzidas e interpretadas de modo que os leitores entendam o que o pesquisador-fotógrafo pretende comunicar.

Para Flick (2009, p. 223), “os insights que as fotografias podem oferecer sobre a vida cotidiana em estudo serão os melhores possíveis se o pesquisador-fotógrafo conseguir dar um jeito de integrar-se à câmera de modo que atraia a menor atenção possível”. Nesse sentido, as expressões e manifestações dos participantes da pesquisa serão as mais naturais possíveis, sem nenhuma pose ou congelamento que esconda alguma reação importante para a pesquisa. Além disso, fotografar tem uma questão ética de respeitar e preservar a identidade de quem é fotografado. Assim, evita-se ao máximo fotografar os rostos e, para eventuais publicações, realiza-se edição das imagens a fim de cumprir o contrato de uso de imagens estabelecido com os sujeitos da pesquisa.

As fotografias são também instrumentos de grande importância no processo de reativar memórias dos sujeitos da pesquisa durante entrevistas: “as fotografias são utilizadas como dados em si mesmos” (FLICK, 2009, p. 222). As informações contidas nas fotografias estimularão o entrevistado a expor mais seus pensamentos, pois conseguirão fazer relação da pergunta com auxílio da imagem.

#### *4. 3. 3 Documentos Produzidos na Pesquisa*

A pesquisa documental é “aquela realizada a partir de documentos, contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos (não fraudados) ” (PÁDUA, 2004, p. 68). Esses documentos podem ser de fontes primárias, provenientes do próprio autor, ou secundárias, resultante do olhar de outras pessoas. Flick (2009) diz, ainda, que são documentos todos aqueles que possuem um padrão de produção e que alguém os produz com algum objetivo e algum tipo de uso.

Ampliamos o sentido de documento, para qualquer registro ou produção intelectual fruto do indivíduo no meio social que possa ser analisada e estudada. Dessa forma, as produções dos participantes da pesquisa registradas de forma cronológica e em plataformas virtuais são documentos que seguem um critério e rigor para produzir. Nessa produção, tem-se, então, os resultados da pesquisa, o registro de construções e de reflexões sobre as atividades e suas criações. Os documentos que os alunos produzirem podem ser construídos em *blogs* ou em espaços nas redes sociais que permitem desenvolver um registro cronológico e documental.

#### *4. 3. 4 Questionários*

Já os questionários são instrumentos de registro de dados constituídos por uma série ordenada de perguntas que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador (LAKATOS; MARCONI, 1982; PÁDUA, 2004).

A sua construção segue cuidados na elaboração, sendo limitado em tamanho e em finalidade, na busca de ser respondido no menor tempo possível. Segundo Pádua (2004, 72): “é importante determinar quais são as questões mais relevantes a serem propostas, relacionando cada item à pesquisa que está sendo feita e à hipótese que se quer demonstrar/provar/verificar”.

O uso de questionário é também um suporte a questões não esclarecidas nas análises de vídeos, fotos e demais registros. Aplicamos um questionário, no início do projeto. Esse questionário teve como objetivo conhecer informações socioculturais dos alunos.

Por mais que os questionários abertos sejam mais apropriados para pesquisa qualitativa, o uso de questionários fechados, segundo Rey (2005), registra um conjunto de informações atreladas ao problema da pesquisa e seus objetivos. A sua análise pode ser traduzida em indicadores de sentido subjetivo em outros contextos do desenvolvimento da própria pesquisa. Sendo assim, não os desprezamos, por apresentarem oportunidade a especulações e a um olhar subjetivo.

#### *4. 3. 5 Entrevistas não Diretivas*

A entrevista não diretiva é a entrevista em que o entrevistado tem o papel de exploração. Por exemplo, ao falar sobre política, o entrevistado pode falar o que quiser, sem se submeter a uma estrutura previamente determinada. O entrevistador desempenha o papel de facilitação e de apoio, pois parte-se da ideia de que o entrevistado é o mais apto a explorar o que lhe é questionado, em função do que ele pensa e sente, sendo que o entrevistador deve ter uma

aceitação real do entrevistado tal como ele é. Sobre as contribuições desse tipo de entrevista, Thiolent (1987) argumenta que:

Sua contribuição parece-nos essencial todas as vezes que se procura apreender e prestar contas dos sistemas de valores, de normas, de representações, de símbolos próprios a uma cultura ou a uma subcultura. [...] Acresentemos, enfim, que, para nós, esses sistemas culturais são igualmente fruto da história (THIOLLENT, 1987, p. 192).

A entrevista ainda contorna os entraves comuns no questionário, sobre o qual Thiolent (1987) afirma:

O recurso à entrevista não diretiva, por oposição à entrevista dirigida, tem o objetivo de contornar certos cerceamentos das entrevistas por questionário com perguntas fechadas que representam o polo extremo da diretividade. Com efeito, numa entrevista por questionário, existe estruturação completa do campo proposto ao entrevistado, este só pode responder às perguntas que lhe são propostas nos termos formulados pelo pesquisador e enunciados pelo entrevistador que detém o monopólio da exploração quando não o da inquisição (THIOLLENT, 1987, p. 192).

O objetivo dessa modalidade de entrevista é o de “captar as identificações através da fala dos indivíduos, mediante a superação das censuras que nelas se manifestam. Isto permitiria uma apreensão da ideologia nas suas dimensões sociais e individual” (THIOLLENT, 1987, p. 89).

Entretanto, temos consciência do perigo dessa técnica, em que o afastamento entre a significação que o pesquisador dá às perguntas que ele faz e às respostas que propõe e às que lhe darão os entrevistados, uma vez que as perguntas sejam mal formuladas, constituindo indicadores muito piores do que o pesquisador pretende, ou, ainda, os sujeitos podem tomar um caminho totalmente diferente dos problemas propostos pelo pesquisador. A esse respeito, Thiolent (1987) observa que:

parece que uma pergunta qualquer às pessoas interrogadas não respondem ao acaso; de modo mais geral, pode-se considerar que toda resposta a um estímulo dado tem uma significação (e a ausência de resposta é igualmente uma resposta). Resta saber se esse estímulo é o mais adequado e o mais facilmente interpretável em relação ao objetivo e se ele é o melhor indicador disponível (THIOLLENT, 1987, p. 193).

Esclarecida tal questão, outra mais natural surge: não seriam as informações da entrevista não diretivas mais superficiais, mais estereotipadas e mais racionalizadas? Segundo Thiolent (1987), é justamente o contrário:

a informação conseguida pela entrevista não diretiva é considerada como correspondendo a níveis mais profundos, isto porque parece existir uma relação entre

o grau de liberdade deixado ao entrevistado e o nível de profundidade das informações que ele pode fornecer. A liberdade [...] facilita a produção de informações sintomáticas que correriam o risco de serem censuradas num outro tipo de entrevista (THIOLLENT, 1987, p. 193).

Assim, o pesquisador deve atuar na perspectiva de “dirigir-se a um participante da cultura estudada perguntando não mais o que sabe, *mas o que pensa o que sente como indivíduo*” (THIOLLENT, 1987, p. 193, grifos nossos). Quanto ao uso da entrevista não diretiva, Thiollent (1987) nos elucida que:

o objetivo não consiste em estabelecer comparações ou “adições” dos discursos das pessoas cultas e ignorantes. Antes de tudo, trata-se de explorar o universo cultural próprio de certos indivíduos em que referência às capacidades de verbalização específica do grupo ao qual pertencem, sem comparação com outros grupos (THIOLLENT, 1987, p. 81).

Desse modo, entendemos que a entrevista não diretiva é a melhor técnica para conteúdos socioafetivos profundos, facilitando ao entrevistado o acesso às informações que não podem ser atingidas diretamente. Assim, Thiollent (1987) postula que:

[a] ordem afetiva é mais profunda, mais significativa e mais determinante dos comportamentos do que o que é apenas intelectualizado. Isto não quer dizer que o que é afetivo não tem seu correspondente numa expressão intelectualizada, ou não tem componente intelectualizado. Mas o que é apenas intelectualizado, o que não é assumido afetivamente pela personalidade tem apenas uma significação fraca e uma relação reduzida com os comportamentos do indivíduo (THIOLLENT, 1987, p. 196, grifos nossos).

Para Thiollent (1987), a análise da entrevista não diretiva baseia-se “mais no que é sentido do que no é conhecido e isto a partir da produção de sintomas obtida pela entrevista não diretiva”. Em termos qualitativos, a análise das entrevistas não diretivas está nos detalhes, como Thiollent (1987) afirma:

cada detalhe só tem sentido em relação com todos os outros elementos disponíveis. Isto é comprehensível se for lembrado que consideramos as entrevistas não diretivas como uma produção de sintomas que caberá a nós interpretar e organizar e que, frequentemente, apresentar-se-ão sob forma de “detalhes” (THIOLLENT, 1987, p. 203).

Isso nos leva a compreender um pouco mais sobre a importância desse tipo de entrevista, pois, na entrevista não diretiva, nada pode ser ignorado, nada do que é dito é estranho ou absurdo, enfim, devemos considerar todas as informações mesmo que, *a priori*, não tenha sentido. Todo o discurso das pessoas entrevistadas, tais como foram transcritos e retranscritos

exaustivamente, a partir da gravação, é chamado por Thiollent (1987) de *corpus*, e também o conceitua “como um conjunto abstrato, como o discurso de uma só pessoa, discurso considerado como a expressão anônima da sociedade”. No tocante à interpretação das respostas, Thiollent (1987) ainda fala de conceito de impregnação:

o procedimento adotado vai consistir em ler e reler as entrevistas disponíveis para chegar a uma espécie de impregnação” para as “[...] leituras repetidas vão progressivamente suscitar interpretações pelo relacionamento de elementos de diversos tipos. Por interpretação compreendemos [...] como significado que, além da literalidade da frase, tenta-se reconstituir sua tradução interpretativa incluindo sequências de significações mais ou menos longa (THIOLLENT, 1987, p. 205, grifos meus).

Concluído o período de impregnação pelo material, Thiollent (1987) argumenta:

[vamos adquirindo] a capacidade de elaborar um esquema provisório a partir de uma ou de muitas entrevistas. [...] O que parecia banal, descritivo, de fraca significação, pode mostrar ter uma segunda significação mais importante. Só se pode descobri-la num determinado momento da análise, e é a construção progressiva do esquema que permite, por uma releitura, fazer as significações aparecerem (THIOLLENT, 1987, p. 208).

Deve-se ter atenção com as informações obtidas, pois uma informação inicialmente pode não ter importância alguma, no entanto o desenvolvimento do trabalho poderá ser o fato capital desta pesquisa, o que nos diz que o objetivo da entrevista não diretiva é justamente suscitar e alimentar hipóteses, as quais partem para uma análise interpretativa dos detalhes evocados. Thiollent (1987) postula:

[a entrevista não diretiva] está ligada com o fato de considerarmos o que há de mais concreto no discurso de indivíduos singulares, com determinadas características, com histórias sociais definidas. Isto implica igualmente indispensável conservar todos os elementos que permitem reconstituir a lógica própria à entrevista de um indivíduo em particular. Isto é, não separar cada elemento de seu sistema de relações. Com efeito, são a partir desse sistema de relações que serão tornadas possíveis as interpretações. Cada entrevista é considerada em sua integridade e sua totalidade, incluindo todos os elementos disponíveis que evocamos na definição do *corpus*. Elementos semelhantes poderão ter sentidos diferentes segundo o sistema de relações que mantêm com o resto do material e com a situação do entrevistado (THIOLLENT, 1987, p. 207).

Todos esses instrumentos foram usados, alguns perpassando toda o processo de produção de informação desta tese, como por exemplo a Nota de Campo. Outros foram usadas etapas distintas, como por exemplo o Questionário que foi usado no início de nossa pesquisa e a Entrevista não Diretiva que foi usada no final. No Quadro 14, mostramos em que momento da pesquisa cada instrumento foi usado.

Quadro 14 – Cronograma de uso dos instrumentos de produção de dados

<b>Instrumentos para produção de informações</b>	<b>Momentos de uso de cada instrumento na pesquisa</b>										
		Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembr	Dezembr
Notas de Campo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fotografias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Documentos Produzidos na Pesquisa		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Questionários			X								
Entrevistas não Diretivas											X

Fonte: próprio autor.

Nos meses de março a setembro nossos encontros ocorriam, em média, duas vezes por mês. No mês de outubro e novembro nos encontramos em torno de três vezes ao mês, em dezembro nos encontramos uma vez, no início. Mas, nossas interações continuaram depois. Esse cronograma diz respeito a um recorte temporal que fizemos para a produção deste trabalho, pois, ainda acompanhamos os grupos no ano de 2016.

Começamos a escrever as Notas de Campo em um caderno, até o mês de junho de 2015, depois de adquirirmos um Smartphone Motorola Moto G3, o qual contribuiu para que elas fossem escritas em um aplicativo chamado Google Keep. Ele é um aplicativo multiplataforma, ou seja, funciona tanto em celulares quanto em navegadores da internet, permite gravar mensagens de voz, a quais são, automaticamente transcrita em texto. Admite, ainda, a inserção de fotos nos escritos que os usuários fazem. As notas feitas por ele podem ser compartilhadas com outros usuários, além de ficar guardada na web.

As Fotografias foram produzidas em todos os encontros. Antes de junho com uma máquina fotográfica digital e depois com o Smartphone. Associar o Keep com a fotografia ajuda muito nos registros dos acontecimentos da pesquisa, contudo houve um tempo de aprendizagem do uso da tecnologia e da rotina em usá-los como instrumentos de investigação.

Nos Documentos produzidos pelos alunos colocamos as conversas de WhatsApp. Criamos quatro grupos de diálogos nessa tecnologia. Três grupos receberam o nome dos grupos, eram para diálogos específicos e relativos aos problemas que cada grupo buscava responder. O outro grupo de diálogo, do WhatsApp, chamamos de IFTM-Água, nele tínhamos adicionados todos os sujeitos. Um dos problemas, com essa tecnologia, foi desenvolver a cultura dos alunos para dialogarem nos grupos criados. De forma geral, os alunos enviavam mensagens privadas para nós ou para o professor, mas com o tempo passaram a usar mais o grupo geral. Faz parte,

ainda, dos documentos, o projeto pedagógico do curso, bem como as informações obtidas nos sites da instituição.

O Questionário foi usado logo no início para produzirmos informações sobre Cultura Digital dos alunos. Já a Entrevista, no final para esclarecermos algumas dúvidas das observações registradas, bem como para sabermos como o projeto tinha alterado a vida dos participantes. Passamos, agora, a argumentar sobre a implementação do trabalho educativo com modelagem matemática no contexto da cultura digital no Curso Técnico em Meio Ambiente Integrada ao Ensino Médio do IFTM.

#### *4. 3. 6 A Análise das Informações*

Ao refletir sobre o questionamento de pesquisa: *como a Modelagem Matemática de projetos de protótipos favorece ou promove uma fluência científica-tecnológica de alunos de um curso técnico de meio ambiente, no contexto da Cultura Digital?* Buscamos compreender a partir dos movimentos da práxis criadora, dos grupos pesquisados, evidenciar a fluência científica-tecnológica enquanto experiência no sujeito pela Modelagem Matemática de projetos de protótipos.

Usamos o termo experiência no sentido discutido por Larrosa (2014, p. 10), a qual “é algo que (nos) acontece e que às vezes treme, ou vibra, algo que luta pela expressão, e que às vezes, algumas vezes, quando cai em mãos de alguém capaz de dar forma a esse tremor, então, somente então, se converte em canto. E esse canto atravessa o tempo e o espaço”. É com este olhar que tanto organizamos e sumarizamos as informações para produzir uma solução ao problema proposto desta investigação, como, ao mesmo tempo, entrelaçando os saberes obtidos nesse processo buscamos dar sentido à resposta alcançadas (GIL, 2012).

Pelos dizeres da obra de Larrosa (2014) constatamos que os grupos passam por acontecimentos que podem, ou não, virem a ser experiência. Ela é, então, o acontecimento que nos faz vibrar. É em um cenário de autoria, pelas ações de consumo e produção de modelos matemáticos uma possibilidade da passagem de acontecimentos à experiência.

Desse contexto, iniciamos a discussão dos resultados mostrando que há definido na estrutura do projeto pedagógico do curso de Meio Ambiente do IFTM, um viés que nos mostra que a prática do Educar pela Pesquisa é necessária para unir a formação profissional com a formação acadêmica. União que permite a construção de redes de consumo e produção de informação.

O movimento, as argumentações e reflexões dos participantes da pesquisa em tais redes foi registrado pelos diferentes instrumentos de produção dados supracitados, exigindo uma análise e interpretação sob ótica da técnica da triangulação dos dados produzidos. A triangulação é uma metáfora para a combinação e o cruzamento de diferentes perspectivas que são apropriadas para considerarmos o máximo possível de aspectos distintos de um mesmo problema (FLICK, 2009). Denzin e Lincoln (2006) a triangulação é

[...] a exposição simultânea de realidades múltiplas, refratadas. Cada uma das metáforas “age” no sentido de criar a simultaneidade, e não o sequencial ou o linear. Os leitores e as audiências são então convidados a explorarem visões concorrentes do contexto, a se imergirem e a se fundirem em novas realidades a serem compreendidas (DENZIN e LINCOLN, 2006, p. 20).

Para Jensen e Jankowski (1993) tal técnica existe em quatro modelos de triangulação: a de dados, a de investigador, a de teoria e a de métodos. Figaro (2014) explica que

A triangulação de dados trata das diferentes dimensões de tempo, de espaço e de nível analítico a partir dos quais o pesquisador busca as informações para sua pesquisa. A triangulação de pesquisadores é a construção de equipe composta por investigadores de diferentes áreas do saber. A triangulação de teoria pressupõe a abordagem do objeto empírico por perspectivas conceituais e teóricas diferentes. A triangulação metodológica é adotada quando se utilizam diferentes métodos de investigação para a recolha de dados e a análise do objeto em estudo (FIGARO, 2014, p. 128).

Desse ponto de vista evidenciamos que no capítulo “A Implementação do Trabalho Educativo com Modelagem Matemática no Contexto da Cultura Digital no Curso Técnico em Meio Ambiente Integrada Ao Ensino Médio do IFTM”, há triangulações dos dados produzidos pelos diferentes instrumentos de produção de dados, nos quais argumentamos e refletimos sobre o que foi produzidos e as experiências percebidas por nós nos resultados dos projetos produzidos. Resultados que aconteceram pelos processos de produção dos protótipos em três etapas de produção: *Design*, Implementação e Simulação.

## **5 A IMPLEMENTAÇÃO DO TRABALHO EDUCATIVO COM MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA CULTURA DIGITAL NO CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE INTEGRADA AO ENSINO MÉDIO DO IFTM**

Abordamos nesse capítulo a produção científico-tecnológica dos grupos pesquisados. Nessa produção argumentamos sobre o contexto de produção dos alunos do Curso de Meio Ambiente do IFTM, nessa parte mostramos a estrutura da Rede do instituto e do curso. A partir das redes que o Curso de Meio Ambiente vislumbra em seu projeto pedagógico, apresentamos as produções tecnológicas realizadas pelos alunos do referido curso. Em seguida discutimos, nos dizeres dos pesquisados, como foi produzir e apresentar seus projetos. Logo depois, passamos a especificar sobre a contribuição da Modelagem Matemática pudessem produzir suas tecnologias de economia de água.

### **5. 1 O Contexto da Produção dos Alunos do Curso de Meio Ambiente**

No segundo capítulo, escrevemos que a sociedade em rede, no contexto da Cultura Digital, está impregnada da incumbência de os sujeitos conhecerem a realidade para então customizá-la (transformá-la) à sua maneira. Dissemos, ainda, no quarto capítulo, que o customizar e o remixar estão entrelaçados à existência de uma rede de cooperação tecnológica, de acesso compartilhado a conhecimentos científicos genéricos e de produção e desenvolvimento, obrigando a pesquisa a estar presente no cotidiano das pessoas, para que elas possam ler a realidade criticamente e reconstruir processos e produtos específicos.

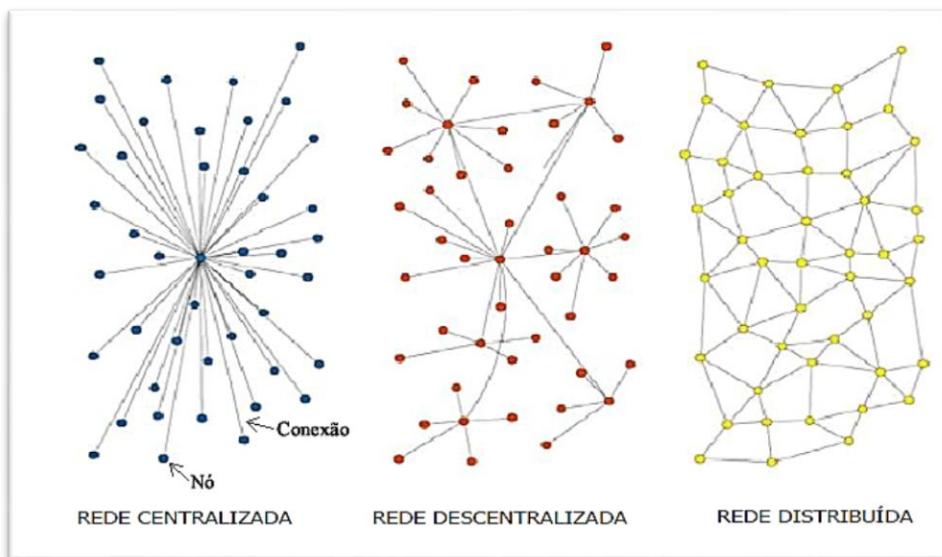
Esse ambiente cria um cenário de educar pela pesquisa, com possibilidades de mudanças por meio do consumo e produção de informações em rede, o que nos leva à necessidade de compreendermos como a instituição de ensino se organiza em rede. Para retratar tal rede, optamos por trabalhar com o modelo pensado por Baran (1964). Segundo Ugarte (2008), em 1964, a pedido da *RAND Corporation*<sup>10</sup>, o matemático Paul Baran recebeu o trabalho de descrever qual seria a melhor estrutura que a comunicação de dados deveria assumir para sobreviver à primeira onda de um ataque nuclear soviético. Baran (1964) propôs três modelos possíveis, como mostra a Figura 8. Esses modelos são denominados, na teoria de modelagem, de modelos simbólicos (ou icônicos ou diagramáticos), eles são

---

<sup>10</sup> É uma organização de pesquisa apartidária, sem fins lucrativos, que ajuda a melhorar a política e tomada de decisões por meio de pesquisa e análise. Faz investigações a pedido de diversas entidades públicas, entre elas, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (RAND CORPORATION, 2016).

[...] símbolos gráficos que representam um sistema de maneira estática, por exemplo, uma “foto” (sem se considerar o seu comportamento no tempo). Um fluxograma de processo pode ser considerado como um modelo simbólico. As grandes limitações desse tipo de modelo, além de sua representação estática do sistema, são a falta de elementos quantitativos (medidas de desempenho do sistema, por exemplo) e a dificuldade de se representarem muitos detalhes de um mesmo sistema (CHWIF e MEDIDA, 2015, p.25).

Figura 8 – Modelos diagramáticos de redes de comunicação de dados



Fonte: Adaptado (UGARTE, 2008, p.15)

Os três modelos de Baran (1964) unem os mesmos pontos de diferentes maneiras. Essas três disposições descrevem três formas completamente diferentes de organizar uma rede de informação: a centralizada, a descentralizada (ou multicentralizada) e a distribuída. Baran (1964) criou esses modelos para argumentar

[...] até que ponto uma rede distribuída era algo completamente diferente, em termos de sua natureza, de uma rede descentralizada. Nós a incluímos com o mesmo objetivo, mas se ele imaginava computadores nos pontos que unem os segmentos, nós imaginaremos quase sempre pessoas e instituições. Se Baran imaginava as conexões como linhas e cabos telefônicos, nós veremos nelas relações entre pessoas (UGARTE, 2008, p.15).

Em suma, corroboramos com a ideia de investigadores como: Ugarte (2008), Dujisin e Jariego (2005), Franco(2010), entre outros, que afirmam que o referido modelo de Baran (1964) é, hoje, a chave para compreendermos a diferença entre um mundo no qual a informação se alastrá em uma rede descentralizada, e outro, em que o faz em uma rede distribuída (UGARTE, 2008). Desse ponto de vista, tanto o contexto social apresenta uma composição de rede, como cada um de nós produz uma estrutura de rede na forma centralizada, ou

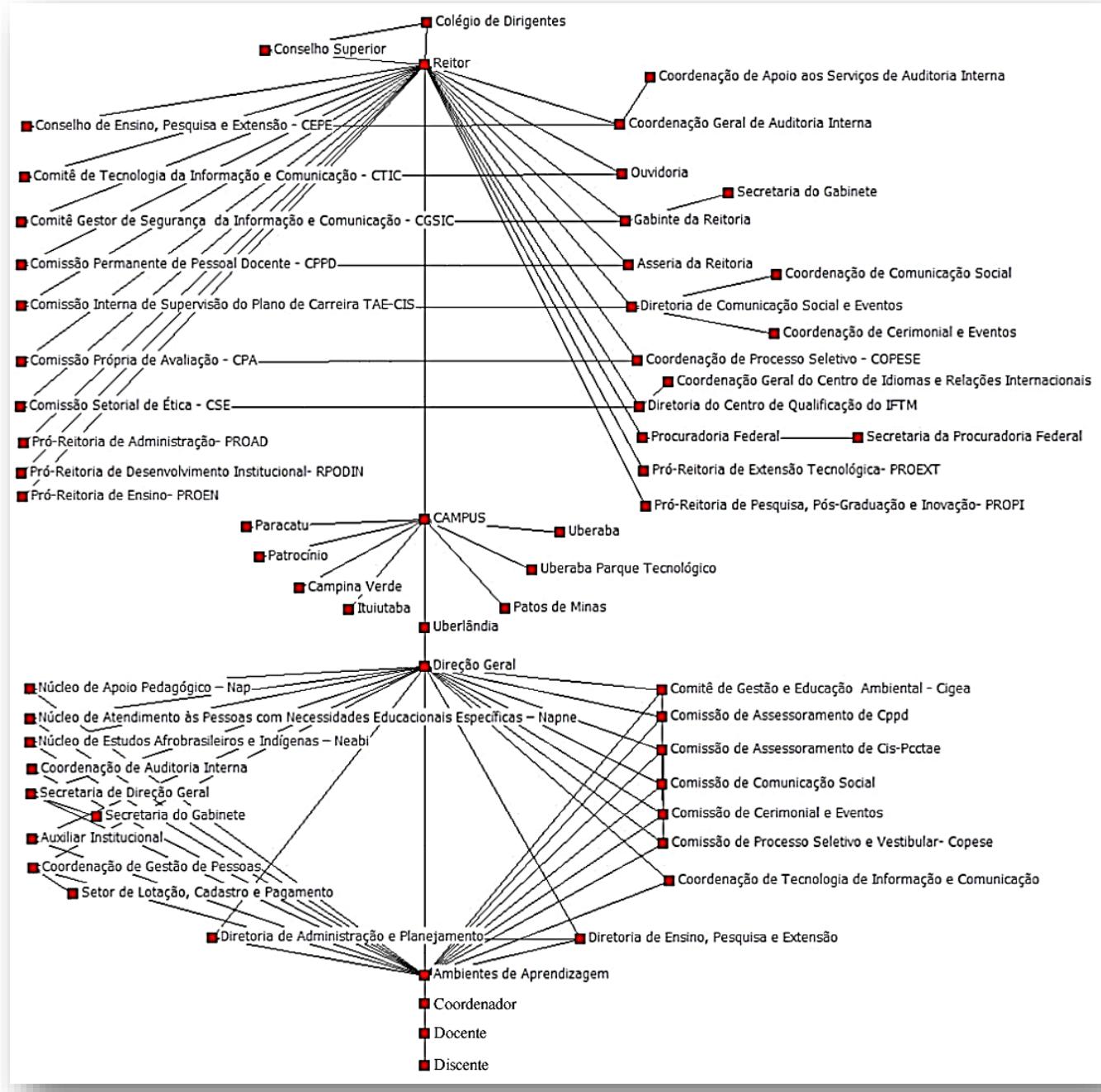
multicentralizada ou distribuída. Mas, tanto a estrutura da rede do contexto social quanto a do sujeito modificam-se conforme o entrelaçamento do sujeito no contexto social.

Vamos usar tais modelos para mostrar que há um hibridismo no IFTM. E, esse hibridismo está entre a rede organizacional da instituição (rede descentralizada) e a rede distribuída de acesso, consumo e produção de informação de professores e alunos do IFTM, permitindo que poucos espaços da instituição estejam abertos ao educar pela pesquisa e à produção de tecnologias.

### *5. 1. 1 A Composição da rede do IFTM e do Curso de Meio Ambiente*

O Instituto Federal do Triângulo Mineiro é uma instituição hierarquizada de Educação, Ciência e Tecnologia. Segundo Franco (2010) e Ugarte (2008), a hierarquização de uma instituição tem como rede o modelo descentralizado. Embora a rede IFTM seja uma instituição de Educação, Ciência e Tecnologia, sua composição e estrutura são de uma empresa. A veracidade de tal afirmação está no organograma do IFTM (2016). O Organograma é uma representação gráfica (modelo diagramático) usada para demonstrar as relações hierárquicas, bem como a distribuição dos setores, unidades funcionais e cargos, e a comunicação entre eles (CRUZ, 2016). Para Nelson (1984, p.150), os organogramas são a “aproximação mais precisa que temos dos relacionamentos [sociais] reais que constituem a estrutura” da empresa. Contudo, para o autor, os organogramas não permitem uma análise quantificável do todo. A Figura 9 mostra a adaptação do organograma do IFTM (2016) à rede descentralizada IFTM.

Figura 9 – A composição da rede IFTM



Fonte: Adaptado de IFTM (2016)

Nessa instituição de rede descentralizada estão os discentes do curso de Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio. Segundo IFTM (2013), esse ambiente de formação profissional, tecnológica e acadêmica tem como dever “Ofertar a Educação Profissional e Tecnológica por meio do Ensino, Pesquisa e Extensão baseada em valores éticos formadores de cidadãos comprometidos com o desenvolvimento de uma sociedade mais inclusiva e democrática” (IFTM, 2013, p. 3). O referido curso constituiu-se de acordo com a Resolução

CNE/CEB Nº 3 de 19 de julho de 2008, à qual dispõe sobre a instituição e implantação do “Catálogo Nacional de Cursos Técnicos de Nível Médio, referente ao eixo tecnológico de Ambiente e Saúde” (IFTM, 2013, p. 7).

O discente sai do IFTM com a conclusão do ensino médio, além do diploma de técnico, o qual lhe dá a opção de ter o registro de técnico do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia-CREA ou do Conselho Regional de Química-CRQ. Segundo a Comissão de Meio Ambiente do CREA-MG, os técnicos em meio ambiente têm como atribuições a responsabilidade pelo gerenciamento dos aspectos ambientais, como: potencial poluidor de empreendimentos, atividades modificadoras do meio ambiente, geração de resíduos, entre outros. Podem, ainda, emitir licenciamento de empreendimentos e atividades que promovam a execução de serviços na área ambiental. Assim, o discente enquanto técnico em meio ambiente tem, como profissão, garantir o desenvolvimento de forma sustentável e atuar no controle de atividades que causem impactos no meio ambiente (IFTM, 2013). Para CoGMA, coordenador do curso,

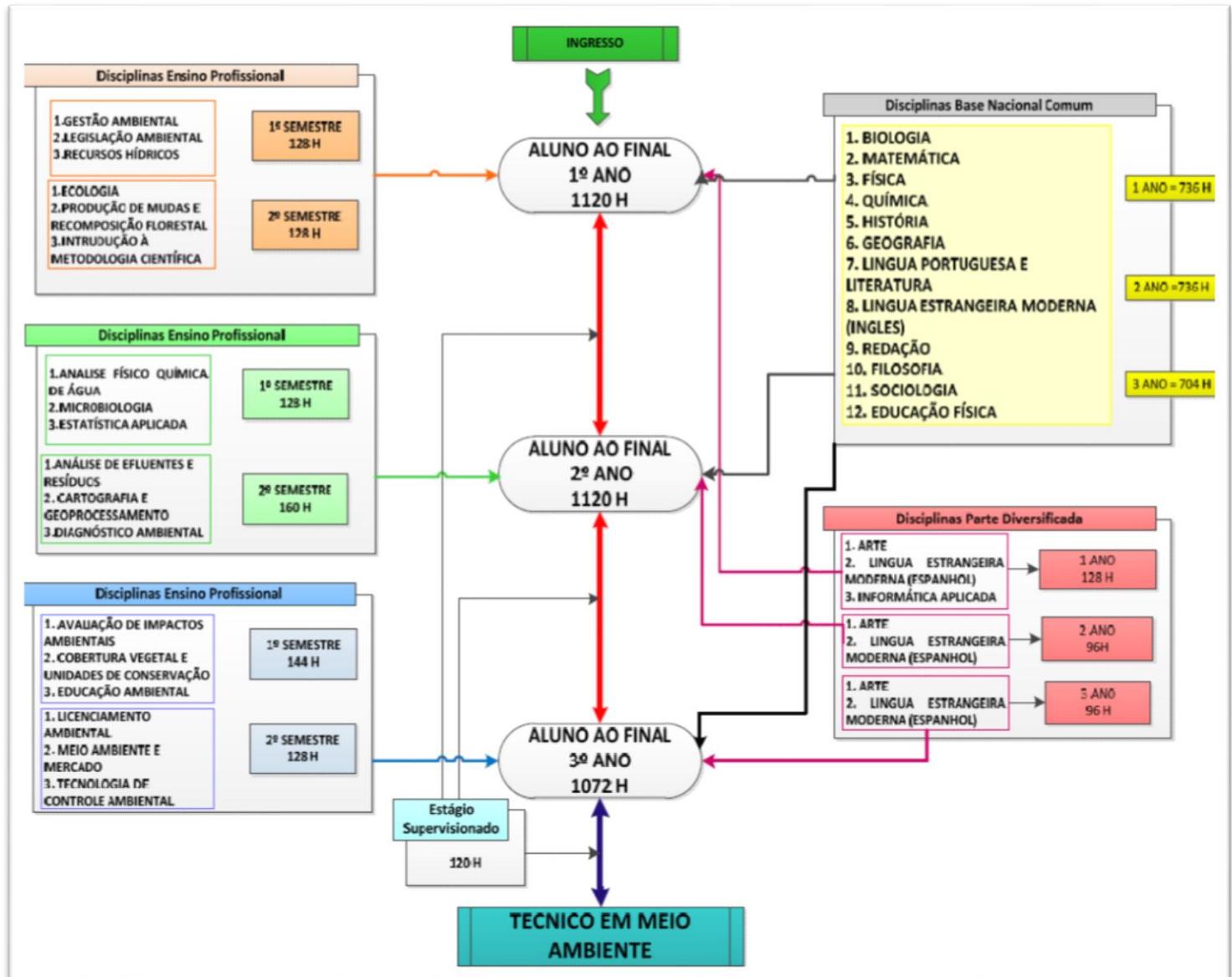
*ter um desenvolvimento sustentável é também lutar para que a Ciência e tecnologia interfiram diretamente na equidade social, na qualidade de vida das pessoas. Isso se faz promovendo a produção, o desenvolvimento e a transferência de tecnologias sociais, que são voltadas à preservação do meio ambiente (CoGMA, NOTA DE CAMPO).*

Esse dizeres foram proferidos em uma reunião para o planejamento da semana de meio ambiente de 2013, quando perguntamos a ele sobre “o que era ser sustentável?”. A nosso ver, a resposta se entrelaça ao objetivo do curso de meio ambiente que é “intervir na realidade hoje existente, criando uma consciência ambiental planetária que tenha como base o uso sustentável dos recursos naturais e o tratamento adequado dos resíduos produzidos pelas diversas atividades humanas” (IFTM, 2013, p. 18). Alinhada ao discurso do CoGMA e do objetivo está a matriz curricular do curso, que se preocupa em formar cidadãos responsáveis, que promovam uma nova realidade socioeconômica do ambiente em que vivem (IFTM, 2013).

Segundo IFTM (2013), o currículo do Curso Técnico em Meio Ambiente está fundamentado em bases filosóficas, epistemológicas, metodológicas, socioculturais e legais, sendo norteado pelos princípios da estética, da sensibilidade, da política, da igualdade, da ética, da identidade, da interdisciplinaridade, da contextualização, da flexibilidade e da educação como processo de formação humanística, a partir de uma concepção de sociedade, trabalho, cultura, educação, tecnologia e de ser humano. Tais bases norteiam o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio a “compreender o ser humano,

o conhecimento e a prática educativa numa perspectiva condizente com as necessidades da sociedade contemporânea” (IFTM, 2013, p. 20). Toda essa fundamentação, compreensão e princípios são apresentados na rede curricular do curso, descentralizada, pois há hierarquia e diversos núcleos, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – A composição da rede curricular do Curso Técnico em Meio Ambiente



Fonte: IFTM (2013)

Essa composição, que é social, mostra que, embora coloque o discente no centro do processo de ensino e aprendizagem, os saberes estão em caixas separadas. Do lado esquerdo estão os saberes profissionais e do lado direito, os saberes acadêmicos. Tais saberes se interagem no aluno e não entre si, em momentos específicos da aprendizagem, o que é característica de uma rede descentralizada.

Observa-se, ainda, que o contato do aluno com a cultura digital e com a cultura de fazer pesquisa, nas unidades curriculares, é de caráter obrigatório e está logo no início do semestre, nas disciplinas “Introdução à Metodologia Científica” e “Informática Aplicada” (IFTM, 2013, p.26). Essas duas unidades curriculares apresentam, cada uma, 32 horas-aula<sup>11</sup> de carga horária, em um total de 3432 horas-aula. O IFTM (2013) aponta que essas 32 horas-aula são poucas para articular saberes do trabalho, da tecnologia, da ciência e da cultura, por isso, o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Meio Ambiente propõe ações pedagógicas complementares, nas quais o estudante possa “aprender por meio de proposições de desafios, problemas e/ou projetos, desencadeando pesquisas e estudos de situações, elaboração de projetos de intervenção, dentre outros” (IFTM, 2013, p.30). Dessa forma, pela pesquisa, acredita-se que no processo ensino-aprendizagem haja interação dialógica entre as disciplinas.

Tal interação dialógica, segundo IFTM (2013), foi pensada no Projeto Pedagógico para ocorrer em atividades acadêmicas, científicas e culturais, extracurriculares. Tais atividades, além de “reciclar, atualizar e complementar os conhecimentos básicos ministrados ao longo das unidades curriculares...[ tem o papel de] ...divulgar a instituição e a atuação do técnico em meio ambiente perante a sociedade” (IFTM, 2013, p.33). As atividades científicas e culturais, extracurriculares, que fazem parte da rotina dos discentes do Curso Técnico em Meio Ambiente, são:

Visitas técnicas – aulas planejadas com objetivos educativos onde o aluno, além de vivenciar na prática a teoria ministrada em sala de aula, terá seu primeiro contato com um possível supervisor de estágio ou mesmo um chefe de trabalho.

Semana Multidisciplinar e a Feira de Conhecimentos – tratam-se de eventos inseridos dentro da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, quando os estudantes de todos os cursos do Câmpus têm a oportunidade de expor pesquisas técnico-científicas para a comunidade.

Participação das atividades relativas à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - evento realizado anualmente e que conta com a participação de professores e discentes do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFTM. Essa atividade é realizada em parceria com a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU).

Semanas de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, geralmente organizadas pela Prefeitura Municipal de Uberlândia - são eventos realizados uma vez por ano e que contam com a participação dos estudantes do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFTM.

Semana do Meio Ambiente do IFTM-Câmpus Uberlândia, realizada, normalmente, no mês de junho - nessa semana, todos os alunos e servidores envolvidos com o curso, desenvolvem atividades de aprendizagem, formação e reflexões sobre as principais temáticas da área ambiental, com o objetivo de agregar conhecimentos técnico-científicos à formação e propor soluções aos problemas ambientais demandados dentro da instituição.

Seminários de Iniciação Científica – destinado à apresentação dos trabalhos de bolsistas de iniciação científica (BIC-Jr.) e aberto a toda a comunidade.

---

<sup>11</sup> Cada hora-aula no IFTM- campus Uberlândia tem um total de 48 minutos.

Recepção Cidadã – um conjunto de atividades previamente programadas, com o intuito de proporcionar momentos de integração entre os estudantes ingressantes e os veteranos (IFTM, 2013, p.33-34).

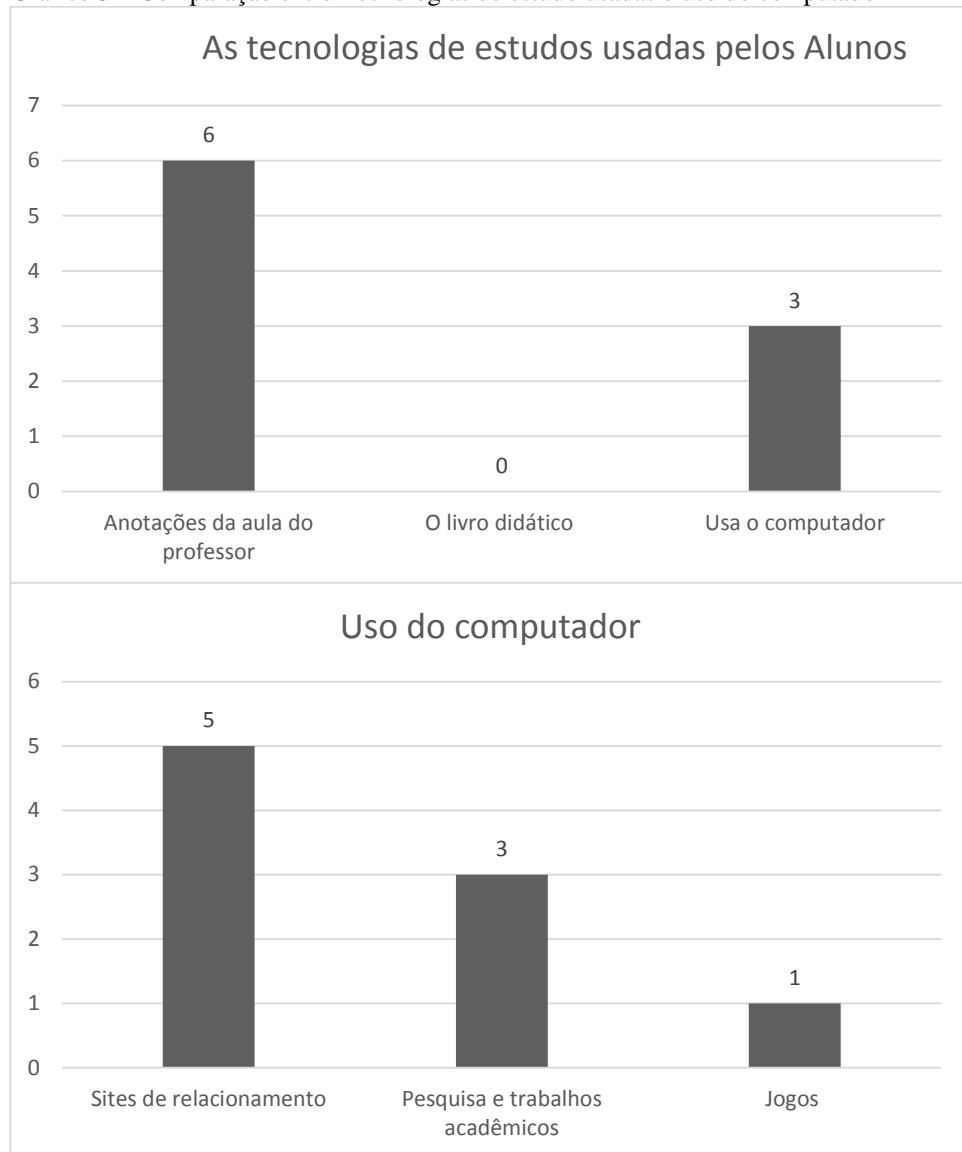
São essas ações que se fazem e que mostram à sociedade que o Curso de Meio Ambiente entende a pesquisa como: atividade indissociável do ensino, que potencializa a autonomia intelectual do estudante (IFTM, 2013). As atividades de pesquisa são “orientadas à construção de soluções tecnológicas para os problemas postos pela realidade do profissional que atua na área de meio ambiente” (IFTM, 2013, p.114). Para CoGMA, coordenador do curso de Meio Ambiente,

*Estes eventos proporcionam momentos de representações e culminância de vários projetos desenvolvidos no curso. Além disso, são nesses eventos em que ocorrem reflexões importantes sobre a problemática ambiental, a partir de palestras, minicursos, exposições de profissionais de outras áreas afins. Mobiliza-se para a importância e a utilização sustentável da ciência e da tecnologia no cotidiano. Vejo como um momento importante para expor essas ideias e discutir soluções para questões tão caras a nós (CoGMA, NOTA DE CAMPO).*

A partir de tais argumentos, verificamos que no Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio há, institucionalmente, uma rede de informação e comunicação descentralizada, na qual criou-se um espaço de atividades de pesquisa, para haver uma interação dialógica que enfatizasse a relação teoria e prática, que tivesse um “movimento dinâmico, dialético entre o fazer e o pensar sobre o fazer” (FREIRE, 2011a, p. 43). A essa estrutura vamos denominar de rede de fluência autoral, para o ensino profissional, técnico e acadêmico dos discentes. Por ser interação, dialético e dinâmico, a composição desse cenário de aprendizagem, no ensino médio profissionalizante, tem que ser uma rede distribuída de construção de soluções tecnológicas, de acesso e produção de informação, pois, do contrário, a interação dialógica que articula as disciplinas de formação profissional, tecnológica e acadêmica não ocorreria como o Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Meio Ambiente propõe em IFTM (2013).

A referida proposição do Projeto Pedagógico tem duas consequências. A primeira, é que o uso da pesquisa e da tecnologia para educar Matemática não é imediata para o aluno e, em um segundo momento, encontra-se resistência do discente ao uso da tecnologia para aprender Matemática ao produzir soluções tecnológicas e informações. Fato que o Gráfico 5 apresenta ao compararmos as respostas dos discentes sobre as tecnologias que eles usam para estudar com as respostas de como os alunos fazem uso do computador no cotidiano. Dados produzidos nos dias iniciais de nossa pesquisa por meio de questionário.

Gráfico 5 – Comparação entre Tecnologias de estudo usadas e uso do computador



Fonte: Questionário – Apêndice – 01

Os gráficos nos mostram que os discentes usam como tecnologia, para estudar, as anotações da aula do professor, de forma geral, realizadas em papel. Esse fato se confirma ao questionarmos sobre o uso do computador, a maioria usa para acessar sites de relacionamentos como, por exemplo, o *Facebook*. Os alunos que usam o computador na escola buscam informações para pesquisas escolares, como podemos observar no segundo gráfico, mas se colocarmos o computador em uma perspectiva de construção de soluções tecnológicas, de acesso e produção de informação, há aqueles que afirmam não compreender o porquê de usar o computador no curso de Meio Ambiente:

*Professor, eu não sei para que temos que usar o computador, escolhi o curso de Meio Ambiente justamente para não o usar, se não, tinha feito Informática (A7G3, NOTA DE CAMPO).*

Acreditamos que essa resistência inicial se dê porque a aluna estava no começo do curso e, no início, como visto, a composição de rede dominante é a descentralizada, que por ter saberes descentralizados não facilita para os sujeitos notarem as conexões existentes entre as diversas áreas do saber humano. Contudo, sabe-se que todos os alunos do IFTM são sujeitos de uma Cultura Digital, pois segundo Prensky (2001, p.1), os “alunos de hoje, do maternal à faculdade, [...] são todos “falantes nativos” da linguagem digital dos computadores, vídeo games e internet”, esses discentes

estão acostumados a receber informações muito rapidamente. Eles gostam de processar mais de uma coisa por vez e realizar múltiplas tarefas.[...] Eles preferem acesso aleatório (como hipertexto). Eles trabalham melhor quando ligados a uma rede de contatos (PRENSKY, 2001, p.1).

Por tais dizeres, pela fala de A7G3 e pelo Gráfico 5, há de se observar que embora os nove participantes de nossa pesquisa, do curso Técnico em Meio Ambiente, sejam sujeitos da linguagem digital não foi desenvolvida neles uma interação dialógica entre os saberes profissionais, tecnológicos e acadêmicos. Esse fato ocorre, segundo Amiel e Amaral (2013), porque os falantes da linguagem digital fazem uso da tecnologia digital com **desenvoltura instrumental**, mas eles não têm **fluência tecnológica**. Sujeitos fluentes tecnologicamente são aqueles que

conseguem se expressar criativamente, reformular o conhecimento e sintetizar novas informações. Isso acarreta um processo de aprendizado ao longo da vida em que indivíduos, continuamente, aplicam o que eles sabem para se adaptarem à mudanças e obter novas informações para serem mais eficazes na aplicação de tecnologia no seu trabalho e vida pessoal (AMIEL e AMARAL, 2013, p. 3)

Esses argumentos revelam que a fluência tecnológica de uma pessoa é uma forma de empoderamento, pois vai além da desenvoltura instrumental. Nossa entendimento do termo “empoderamento” está associado às ideias de Paulo Freire, em específico às ideias do livro “Medo e Ousadia: O cotidiano do professor”, escrito em forma de diálogo com Ira Shor. Nessa obra, Freire e Shor (2011) apresentam o termo “empoderamento” no contexto da educação transformadora (libertadora). No texto são apresentadas duas compreensões sobre a referida palavra: o empoderamento individual e o empoderamento social. O primeiro tem como significado “A) dar poder a, B) ativar a potencialidade criativa, C) desenvolver a potencialidade criativa do sujeito, D) dinamizar a potencialidade do sujeito” (FREIRE E SHOR, 2011, p. 14). Nesse aspecto individual, o empoderamento é o sentimento de liberdade e independência do

sujeito que transforma sua realidade, alcançando seu sucesso individualmente. Contudo, Freire argumenta que a “libertação é um ato social” (FREIRE e SHOR, 2011, p. 185). É nesse sentido que os autores ampliam o conceito de empoderamento individual para empoderamento social, pois

Mesmo quando você se sente, individualmente, mais livre, se esse sentimento não é um sentimento social, se você não é capaz de usar sua liberdade recente para ajudar os outros a se libertarem através da transformação global da sociedade, então você só está exercitando uma atitude individualista no sentido do empowerment ou da liberdade (FREIRE e SHOR, 2011, p. 185).

Compreendemos, pelos dizeres, que o empoderamento social é aquele que no momento em que o sujeito se sente empoderado, ele usa sua recente liberdade e independência para ajudar outras pessoas a se libertarem para que, aí sim, se tenha uma transformação cultural.

Desse ponto de vista, a pesquisadora Valoura (2006) afirma que Paulo Freire é autor do termo “empoderamento”, em seu sentido transformador e, que a “educação pelo empoderamento difere do conhecimento formal tanto pela sua ênfase nos grupos (mais do que indivíduos), quanto pelo seu foco na transformação cultural (mais do que na adaptação social)” (VALOURA, 2006, p.3). Logo, ao entrelaçarmos, na educação, o empoderamento do sujeito às Tecnologias da Informação e Comunicação, permite-nos compreender que empoderar-se, na Cultura Digital,

Implica, essencialmente, a **obtenção de informações** adequadas, um processo de reflexão e tomada de consciência quanto a sua condição atual, **uma clara formulação das mudanças desejadas e da condição a ser construída**. A estas variáveis, deve somar-se uma mudança de atitude que impulsiona a pessoa, grupo ou instituição para **a ação prática, metódica e sistemática, no sentido dos objetivos e metas traçadas...** (SCHIAVO e MOREIRA, 2005, grifos nossos).

O referido entrelaçamento implica, então, tanto em obter informações existentes, quanto por meio de uma ação prática, metódica e sistemática, produzir novas informações para que se possa ter um sujeito ativo, que usa sua desenvoltura instrumental para se transformar e transformar o mundo. Não só consumindo, mas criando soluções tecnológicas e produzindo informações por meio do engajamento com o mundo. Acreditamos que para tal o sujeito tenha que construir uma rede distribuída, de contato, acesso de informação, consumo e produção de informação e construção de soluções tecnológicas. Prosseguiremos com uma narrativa analítica da construção dessa rede, pelos alunos, com o intuito de construir tecnologias para a economia de água.

## 5. 2 A Produção dos Alunos do Curso de Meio Ambiente

Nossos grupos de trabalho: “Natureza Blue”, “Árvore da vida-ifm” e “Water World 2015”, como foi dito no Capítulo 3, nos procuraram para a construção de soluções tecnológicas que envolvessem conteúdo da disciplina de Matemática no contexto do curso de Meio Ambiente e que contemplasse o tema economia de água. Foram produzidas três tecnologias: o Regador Automático, a Descarga Digital e o Chuveiro Inteligente. Eles são produtos desta pesquisa, os quais analisamos em duas dimensões: uma refere-se à materialidade e às condições históricas da produção, ou seja, discute-se o produto em si; a outra refere-se à subjetividade do que foi produzido, isto é, o que as tecnologias produzidas geram nos sujeitos que as produziram.

Para realizar esses trabalhos, os encontros, inicialmente, foram realizados concomitantemente com os três grupos no laboratório de informática da escola. A escola tem quatro laboratórios de informática: Laboratório de Manutenção de Computadores, Laboratório de Redes e Instalações, Laboratório de Aplicativos e Lab4. Usamos mais o Laboratório de Aplicativos, o qual tinha uma lousa digital, um ar-condicionado e mais ou menos trinta computadores. A partir desses encontros, cada grupo construiu uma rede local de autoria e participou de uma rede global Arduino. Redes que viabilizaram as condições informacionais e matérias para desenvolvimento dos projetos.

### 5. 2. 1 Os projetos produzidos

Os três grupos conseguiram produzir suas tecnologias para economia de água, dentre eles, o grupo “Árvore da vida-ifm” foi o que mais se distanciou dos outros dois. Esse distanciamento começou quando saíram do tema (economia de água) e formularam o problema: *será que a produção de uma tecnologia (um robô irrigador), que indica o consumo de água das plantas, favorece a economia de água na agricultura?* Segundo Bassanezi (2002), a adequação de uma investigação sistemática,

[...] empírica e crítica leva à formulação de problemas com enunciados que devem ser explicitados de forma clara, comprehensível e operacional. Desta forma, um problema se constitui em uma pergunta científica quando explica a relação entre as variáveis ou fatos envolvidos no fenômeno.

Enquanto que a escolha do tema de uma pergunta pode ser uma proposta abrangente, a formulação de um problema é mais específica e indica exatamente o que se pretende resolver (BASSANEZI, 2002, p. 28).

Desse contexto, o grupo “Árvore da vida-ifm” foi buscar na revista *Make magazine*, uma reportagem no formato de tutorial que explicava a fabricação e o funcionamento do

Garduino: a jardinagem do neerd com Arduino (Garduino: *Geek Gardening with Arduino*) (MAKE, 2013). Todos acharam uma ótima ideia, pois o IFTM tem uma horta que, a princípio, poderia servir de laboratório para teste do protótipo. Note que, na maioria das vezes, é assim que

começa a criação: pela cópia retocada. Com o tempo, emergem condições mais profundas de inovação, que não caem do céu por descuido, mas são construídas na história de vida, em processo de infinidável conquista.

O que conta aí é *aprender a criar*. Um dos instrumentos essenciais da criação é a pesquisa. Nisto está o seu valor também educativo, para além da descoberta científica (DEMO, 2006, p. 18, grifos do autor).

A inovação compreendida como o remix é algo entrelaçado aos participantes, pois como vimos, isso é uma característica da Cultura Digital e os alunos são nativos de tal cultura. Os sujeitos do grupo: A4G2, A5G2 e A6G2 convergem na afirmação de que o produto deles, um

*robô irrigador é totalmente de autoria nossa, apenas há alguns parecidos* (A5G2, entrevista).

Observa-se que, na ótica desses participantes, não é o trabalho deles que é parecido com os dos outros, mas o dos outros que são parecidos com o deles, uma demonstração do aspecto individual do empoderamento que a produção impregna no sujeito. Há de se observar que, desde a indagação, o objetivo foi desenvolver um protótipo robótico. Segundo Souza (2010)

Um **robô** é um dispositivo mecânico articulado reprogramável, que consegue, de forma autónoma e recorrendo à sua capacidade de processamento:

- obter informação do meio envolvente utilizando sensores;
- tomar decisões sobre o que deve fazer com base nessa informação e em informação à priori;
- manipular objectos do meio envolvente utilizando actuadores (SOUZA, 2010, p. 6, grifos do autor).

Observa-se que, nesse caso, todo robô é uma máquina automatizada, mas nem toda máquina automatizada é um robô. Este estaria um nível acima das máquinas automatizadas. Segundo o autor, para ser robô, a máquina automatizada tem que obter informações por sensores para que “tome uma decisão” do que deve ser realizado. Na educação, segundo Santos (2010, p. 68), os protótipos robóticos “ultrapassam o humano e incluem animais e robôs, além de fatos e fantasias. Para a fantasia abre uma porta para um sentimento de intimidade com o trabalho e vislumbra um lado emocional do relacionamento” dos sujeitos e a tecnologia. Esse relacionamento emocional é outro fator que contribui para a *motivação* dos sujeitos em superar os obstáculos, mas também redobrar o cuidado para que não se perca a criticidade do ato de

conhecer (FREIRE e SHOR, 2011). Motivado, a primeira ação do grupo foi procurar o responsável pela horta que há na instituição, essa tarefa ficou a cargo do A4G2:

[WhatsApp] - A4G2: *Conversei com o senhor Pedro Ordonis, responsável pela horta. Ele mandou a gente conversar com o caseiro de lá que fica na horta. Aí eu fui lá, conversei com ele a respeito de uma data e horário, ele trabalha um dia sim outro não. No caso ele estaria na escola segunda, quarta e sexta. Marcamos para ir lá na sexta para ver se conseguimos medir a vazão de água. Ele falou que liga os aspersores as 14:00.*

O IFTM, campus Uberlândia, cultiva uma horta de mais ou menos 3,18 ha (hectares ou hectômetros), ou seja, 31800 m<sup>2</sup> (metros quadrados) com 23 aspersores para a irrigação, vide Figura 11. Fomos à horta, encontramos lá o senhor Joaquim, funcionário de uma empresa, que o IFTM terceiriza serviços de zelo para esse tipo de produção. Ele nos contou que qualquer medição que fizéssemos seria inválida, pois haveria no sistema de irrigação incontáveis problemas de vazamentos, uma vez que a tubulação era antiga e não foram feitos, ao longo dos anos, os reparos necessários para o bom funcionamento do sistema. Segundo ele, se tudo estivesse normalizado daria para usar, no mínimo, mais três canhões de aspersores. Depois dessa conversa, analisamos que seria melhor simularmos a horta para que, nela, nosso robô irrigador pudesse atuar.

Figura 11 – Horta do IFTM – Campus Uberlândia



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Ficou decidido que A5G2 procuraria um dos professores da escola, para que pudéssemos, a partir das informações, construir nossa horta simulada e o robô irrigador:

[WhatsApp] A5G2: *então pessoal, o Ernesto falou que tem uma loja no Santa Mônica, na Segismundo, que vende peças para irrigação por gotejamento. Ele falou, ainda, que se comprarmos uns gotejadores ia dar muito certo para nosso protótipo, mas tem que ser muito pequeno.*

O grupo já tinha dois nós de sua rede: Sr. Joaquim e Sr. Ernesto. Fomos, A4G2, A5G2, A6G2 e eu, em busca de outros nós e conexões indicados por Ernesto. Os alunos me pediram para ir com eles às lojas, para que comprássemos essas tecnologias. Nossa primeira parada foi no local indicado na fala de A5G2, uma loja chamada “Irrigação”, Figura 12.1, lá o vendedor nos informou que eles não trabalhavam mais com componentes de irrigação por gotejamento, mas que na mesma rua havia uma loja que só comercializava esse tipo de componente, chamava-se “Irrigotas”, Figura 12. 2. Nessa loja, o vendedor nos apresentou duas tecnologias de irrigação: o bico gotejador com 8 saídas (Figura 12. 3) e o gotejador GA-2 (Figura 12. 4). Segundo o vendedor

*Os dois emissores (gotejadores) possibilitam uma regulagem de fluxo de água, os bicos gotejadores têm vazões reguláveis de 0 a 40 litros por hora (l/h). Já o outro tem tecnologia 100% nacional e vazões reguláveis de 0 a 20 l/h (vendedor, NOTA DE CAMPO).*

Compramos dez unidades de cada, contudo, a loja só vendia o rolo de mangueira com 10 metros, como precisávamos de, no máximo, dois metros, fomos comprar em outra loja no bairro Taiman, na cidade de Uberlândia, Figura 12. 5.

Figura 12 – Aquisição de componentes do Regador Automático



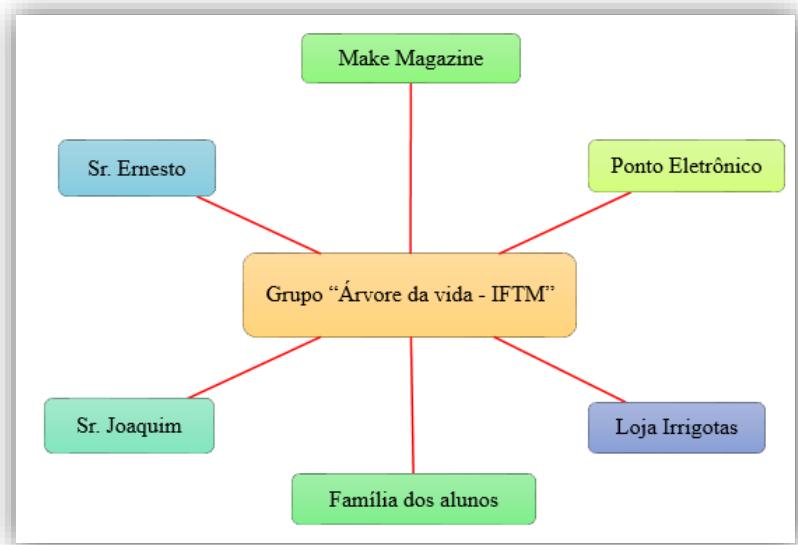
Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Faltava, ainda, uma bomba d’água que pudéssemos colocar no sistema, vide Figura 12.6. Conhecemos, ainda, um lugar chamado “Ponto eletrônico” onde conseguimos boa parte dos componentes eletrônicos que usamos na construção de nosso protótipo. Quanto à bomba d’água, adquirimos através das contribuições da família do participante A6G2:

[WhatsApp] - A6G2: *Olha o que arrumei, mas a parte de baixo dela parece ruim, meu pai vai ver se conserta. Será doido se prestar, aí tem que fazer o teste aí na escola, para nossa horta.*

Os dizeres do participante nos mostra que a família é outro importante nó que se deve considerar, não só pela aquisição de itens, como nesse caso, mas, nas entrelinhas dos dizeres está a constatação de que as práticas sociais da produção, de soluções tecnológicas, na escola, estabelecem uma interação entre pais e filhos sobre que se faz na instituição de ensino e a aprendizagem, a Figura 13 apresenta o modelo de rede construída no modelo de Baran (1964).

Figura 13 – Rede local de autoria do grupo “Árvore da vida-ifm”



Fonte: Elaboração do próprio autor

A rede que a figura acima mostra é a movimentação localizada do grupo para conseguir produzir o Regador Automático, por ser local e conectar vários outros sujeitos na busca de desenvolver seu projeto, chamamos isso de: rede local de autoria do grupo “Árvore da vida-ifm”. Ela é centralizada, pois a interação existe única e exclusivamente por causa do projeto desse grupo. É, ainda, um modelo simbólico de como os sujeitos desse grupo buscaram condições materiais e informacionais **para produzir novas informações** e, assim, construir o “robô irrigador”, solução tecnológica que o grupo imagina ajudar no combate ao desperdício de água nas produções agrícolas realizadas por meio da irrigação.

A rede local de autoria dos outros dois grupos, “Natureza Blue” e “Water World 2015”, partiram de um mesmo ponto: uma reportagem que a participante A1G1 apresentou a todos nós, do jornal *Gazeta on-line* do Espírito Santo. A reportagem discorria sobre o desperdício de água em casa, segundo a mesma, o “banheiro é o campeão em desperdício nas residências, já que representa 60% de todo consumo de água” (GAZETA, 2010, p. 1). As informações do jornal apontavam dois “grandes” culpados: o vaso sanitário e o chuveiro. Assim, ficou decidido que o grupo “Natureza Blue” investigaria possibilidades de economia de água no vaso sanitário e o grupo “Water World 2015” trabalharia com a possibilidade de economia de água nos chuveiros residenciais.

A rede local de autoria do grupo “Natureza Blue” teve como primeiro nó as informações do jornal Gazeta. A partir dele o grupo buscou informações sobre normatizações de fabricação e montagem do vaso sanitário. Referimo-nos à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que diz na norma 15.097/04, que qualquer descarga – independente do modelo ou tipo – deve consumir no máximo 6 litros de água (ABNT, 2004; GAZETA, 2010).

Alguns meses antes, o orientador desta tese estava consertando um mecanismo da caixa acoplada de descarga de seu vaso sanitário e sugeriu que seria interessante se o usuário pudesse controlar melhor a vazão de água da descarga. No processo dialógico de investigações, contamos essa história aos outros participantes do grupo, os quais acharam interessante se houvesse a possibilidade de digitar, como no computador, a quantidade de litros utilizada para limpeza da bacia do vaso sanitário. Então, propusemos se eles conseguiram formular um problema a partir dessa discussão e os participantes formularam: *será que a produção de uma tecnologia (uma descarga digital), que possibilita digitar a quantidade de litros d’água a ser usada no vaso sanitário, favorece a economia de água em uma residência?*

Observa-se pelo questionamento do grupo, que almeja criar não um robô, mas sim, uma interação entre o ser humano e descarga em que, por meio de um sistema mecânico e eletrônico, o dispositivo capte quantos litros de água o usuário deseja usar para limpar o vaso sanitário. Segundo Freire (2008, p. 36), “é porque se integra na medida em que se relaciona, e não somente se julga e se acomoda, que o homem cria, recria e decide”, a ação de criar, recriar e decidir empoderou os sujeitos a agir, informatizando descarga, isso é o que O’Sullivan e Igoe (2004) chamam de *Physical Computing* (Computação Física, em uma tradução literal). Para os sujeitos do grupo, embora tenha uma área de pesquisa e criação já estabelecida, a produção deles é original e inovadora, pois

*Nos baseamos em programações de outros protótipos, porém, a Descarga Digital foi uma ideia inovadora que somente utilizou alguns princípios das descargas convencionais (A1G1, entrevista).*

*A priori, a ideia foi baseada nas descargas já existentes no mercado. Entretanto, a ideia foi inovadora (A2G1, entrevista).*

*Foi uma ideia nova, que fomos informatizando com tecnologias úteis (A3G1, entrevista).*

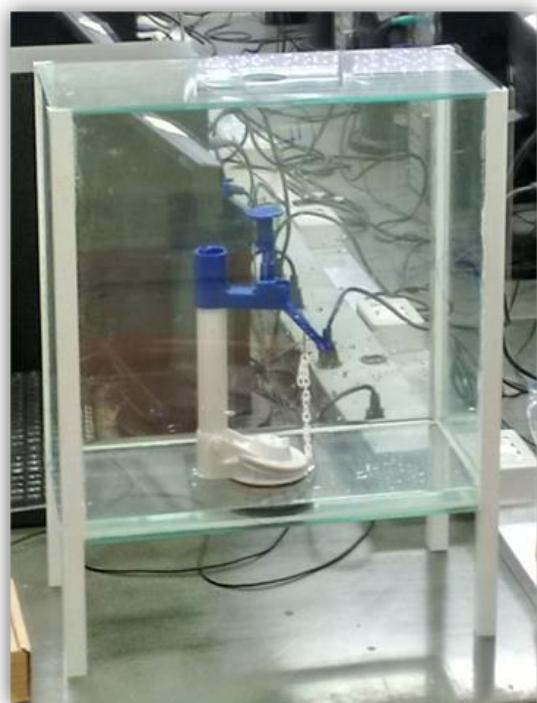
Nesse contexto de inovação da Computação Física, buscamos encontrar outros nós e conexões da rede local de autoria do grupo. Restava saber qual caminho seguiríamos, pois de acordo com INMETRO (2014, p.4), há “3 (três) principais mecanismos de sistemas de descarga disponíveis no mercado de consumo, a saber, válvulas de descarga, caixa de descarga não acoplada e caixa de descarga acoplada”. Observamos, pelo problema formulado, que nosso

trabalho seria simplificado se usássemos o sistema caixa de descarga acoplada, uma vez que a caixa funciona como reservatório para a água a ser utilizada na descarga e, “a caixa é acoplada à parte traseira da bacia, o que requer uma bacia específica. As caixas e bacias, neste caso, são comercializadas em conjunto” (INMETRO, 2014, p.4). Inicialmente pensamos em usar um vaso sanitário real, mas constatamos que não seria possível visualizar o escoamento da água quando o sistema fosse acionado, assim, optamos por fazer uma caixa acoplada de vidro, já que o problema do grupo se restringia em computadorizar a caixa acoplada

[WhatsApp] PMGMA: Acabei de encomendar, na Vidro Max, na João Pinheiro no Umuarama, a caixa de vidro para fazermos a caixa de descarga. Fica pronta na semana próxima. O Valor dos vidros: 215,00. Mão-de-obra: ainda não sei. Os dispositivos dentro da caixa: 97,00. Os Arduino o Deive comprou.

Existem diversos tipos de dispositivos dentro da caixa de descarga, aos quais PMGMA se refere. Nós escolhemos comprar um universal na loja Irmãos Soares, pois o professor, PMGMA, já tinha se informado que lá era o local mais barato e que continha os mecanismos necessários para nossa criação. O nome comercial é “Reparo Completo Universal Acionador Superior Caixa Acoplada”, nesse conjunto tem: mecanismo de entrada, mecanismo de saída e botão superior. A Figura 14 mostra o conjunto de reparo e caixa de vidro.

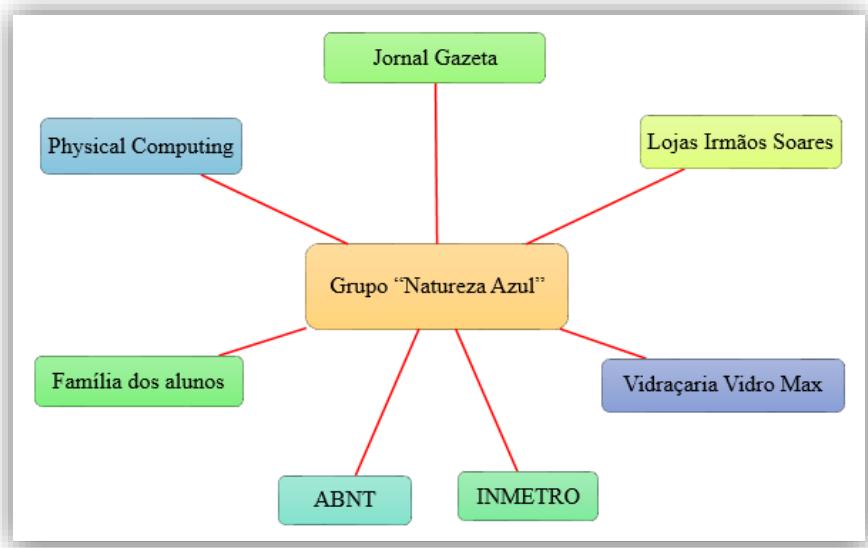
Figura 14 – Caixa de Vidro e conjunto de reparo universal



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

A rede local de autoria do grupo “Natureza Blue” foi criada pelos seguintes nós: o jornal Gazeta, normas da ABNT, exemplos da *Physical Computing*, dizeres do Inmetro, vidraçaria vidro Max, loja Irmãos Soares e familiares de alunos do grupo. As conexões com tais nós possibilitaram ao grupo criar as condições materiais necessárias para criar a Descarga Digital. Apresentamos essa rede no modelo de rede de Baran (1964), na Figura 15.

Figura 15 – Rede local de autoria do grupo “Natureza Blue”



Fonte: Elaboração do próprio autor

O modelo simbólico dessa rede é centralizado, pois tem a ver com o projeto do grupo “Natureza Blue”, ele mostra a busca das condições materiais e informacionais **para produzir novas informações** para a construção de uma “descarga digital”, solução tecnológica que o grupo inventou para propiciar economia de água nas residências que usam o sistema de descarga de caixa acoplada.

A última produção, o Chuveiro Inteligente, do grupo “Water World 2015”, teve sua rede local de autoria inicializada, também, pelos dizeres da reportagem do jornal Gazeta que a participante A1G1, do grupo “Natureza Blue”, compartilhou com todos os grupos. No jornal, tinha a seguinte informação: “Num banho de 15 minutos gastam-se 240 litros de água, mas com a torneira fechada enquanto a pessoa se ensaboa, é possível reduzir para cinco minutos com um gasto de 80 litros” (GAZETA, 2010, p. 1).

A partir das referidas informações, iniciamos a constatação de fatos de nosso cotidiano que se relacionavam com os dizeres da Gazeta (2010). A participante A8G3 nos contou que: “*minha mãe vive falando - sai logo do banho menina, você está desperdiçando água*” (NOTA

*DE CAMPO).* Esse fato, também, foi narrado por outros participantes, mas para a maioria, a preocupação da *mãe* era com a energia elétrica consumida pelo chuveiro. Essa discussão me levou a compartilhar um diálogo que tivera com o gerente da EletroGoiás (loja de materiais elétricos na cidade de Catalão, no estado de Goiás), Flávio. Estávamos conversando sobre as novas tecnologias que têm surgido nos chuveiros elétricos e, nesse processo dialógico, questionei se os consumidores pediam coisas que o chuveiro ainda não tinha. Ele nos disse que

*há na região diversos postos de combustíveis em que os caminhoneiros tomam banho e os donos desses postos, vez ou outra, nos procura perguntando se na loja não teria um chuveiro que controlaria o tempo que o sujeito fica no banho, pois os caminhoneiros pagam por 10 minutos, mas ficam um tempão a mais. Mesmo desligando os disjuntores ainda se consome muita água (NOTA DE CAMPO).*

Pelos dizeres acima, interpretamos que os nós da rede local de autoria surgem pelo “diálogo inteligente com a realidade, tomando-o como processo e atitude, e como integrante do cotidiano” (DEMO, 2006, p. 36, grifos do autor). Pautamo-nos no autor para o entendimento de que aqui, nesse momento, o diálogo é uma “forma mais madura de convivência. Ao mesmo tempo, questionar inclui comunicar criticamente o próprio ponto de vista e receber criticamente o ponto de vista do outro” (DEMO, 2006, p. 37), em um processo de diálogo questionador da realidade com o outro.

Nesse diálogo com a realidade do chuveiro elétrico, o grupo “Water World 2015” buscou na norma 12483 de 1991 da ABNT, a definição de chuveiro elétrico: “Aparelho elétrico de aquecimento instantâneo de água, aberto, instalado em um ponto de utilização cujo substratal contém registro de pressão para controle de vazão” (ABNT, 1991). Essa normatização tem como objetivo padronizar, no Brasil, os chuveiros elétricos usados nas residências cujas instalações elétricas são de baixa tensão, 110 ou 220 volts, e hidráulicas, de água fria e/ou quente. Assim, os participantes desse grupo almejaram desenvolver um “chuveiro inteligente”, baseado nos chuveiros já existentes:

*Nos baseamos em pesquisas feitas por nós mesmos e por dados da ONU para fazer o projeto. Porém, a ideia de economia de água no chuveiro não foi baseada de outra ideia (A9G3, entrevista).*

Nesse contexto, os participantes sentiram a necessidade de conhecerem os diversos modelos de chuveiro existentes. O nó para obter tais informações foi o Inmetro (2016), pelo programa brasileiro de etiquetagem, que mostrava 461 modelos de aparelhos que recebem o selo do Instituto no ano. A partir de tais informações, os participantes fizeram uma investigação

nas suas próprias residências, incluindo os dois outros grupos, para saber qual era o modelo mais comum entre nós, obtivemos seis retornos:

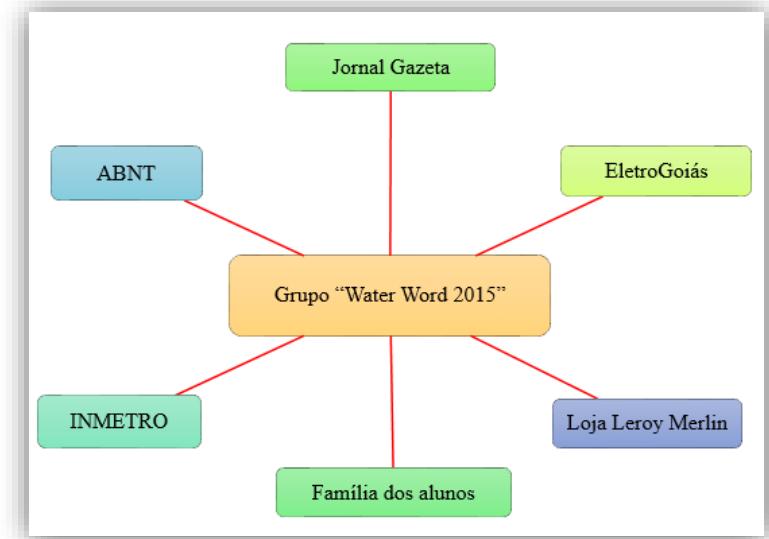
A1G1: Lorenzetti Maxi Ducha  
 A2G1: Lorenzetti Maxi Ducha  
 A3G1: Lorenzetti Top Jet  
 A8G3: Lorenzetti Maxi Ducha  
 A9G3: Lorenzetti duo *shower quadra/eletrônica*  
 eu: *hydra star eletrônica turbo*

Observa-se que o chuveiro elétrico *Lorenzetti Maxi Ducha* foi o mais comum entre os participantes dos grupos. Com essas informações, a “situação-problema torna-se cada vez mais clara, à medida que se vai interagindo” (BIEMBENGUT e HEIN, 2000, p. 14), tão clara que o grupo a registrou da seguinte forma: *será que a produção de uma tecnologia (um Chuveiro Inteligente) que divide o banho em momentos, para se molhar e para se enxaguar, favorece a economia de água e energia elétrica em uma residência?*

Observa-se pela formulação que o que o grupo “Water World 2015” almeja criar não é nem um robô, nem um dispositivo que interaja com o usuário. Pela nossa compreensão, buscam criar uma máquina automatizada, pois automação é o uso de “controle de sistemas [...] para controlar maquinaria [...] reduzindo a necessidade de intervenção humana (SOUZA, 2010, p. 2). Reduzir a intervenção humana é o que se evidencia da formulação do grupo. Contudo, descobrimos que pela alta voltagem de um chuveiro, teríamos que substituí-lo por uma bomba submersa para aquário, a qual nos foi doada pela família de um dos alunos do grupo. Ainda adquirimos um chuveiro elétrico e materiais hidráulicos como cano, cotovelo, registro, vedadorscas e cola para cano pvc, comprados na loja Leroy Merlin.

A composição da rede local, de autoria do grupo “Water World 2015”, teve conexões com os seguintes nós para produzir o “*Chuveiro Inteligente, um dispositivo que controla o tempo de funcionamento do chuveiro elétrico*”(dizeres de A7G3, A8G3 e A9G3). Os nós foram: o jornal Gazeta, EletroGoiás, normas da ABNT, informações do Inmetro, loja Leroy Merlin e familiares de alunos. Apresentamos no modelo de rede de Baran (1964), Figura 16.

Figura 16 – Rede local de autoria do grupo “Water World 2015”



Fonte: Elaboração do próprio autor

Essa é outra rede local de autoria que é centralizada, pois diz respeito ao projeto do grupo “Water World 2015”. Ela possibilitou ao grupo consolidar as condições materiais e informacionais para criar uma solução tecnológica, “Chuveiro Inteligente”, que busca propiciar a economia de água nas residências.

Embora as três tecnologias fossem construídas com redes locais de autoria distintas, elas só existem graças às informações disponibilizadas por uma rede global que, nesta tese, chamamos de rede global Arduino. O projeto Arduino surgiu na Itália em 2005. Um grupo de cinco pessoas, Figura 17, que estudava e/ou trabalhava no extinto Instituto Ivrea de Design de Intereração (*Interaction Design Institute Ivrea*), um programa de pós-graduação em *design* de interação que atuava na cidade de Ivrea, norte da Itália (ARDUINO... 2010).

Figura 17 – Grupo de desenvolvimento do Arduino



Fonte: Arduino... (2010)

O professor de *designer* de interação e diretor do laboratório de Computação Física do Instituto Ivrea, Massimo Banzi, queria construir uma placa de baixo custo para que seus alunos pudessem aprender, de forma rápida e fácil, a produzir *hardware* e *software* nas aulas de *designer*. Na época, o professor de tecnologias interativas, Banzi, uniu forças com David Cuartielles, professor na Escola de Artes e Comunicação da Universidade de Malmö e diretor do laboratório de prototipagem dessa instituição, fazia residência de pesquisa no Instituto Ivrea quando começou a colaborar no projeto e, junto com Banzi, desenharam e fizeram o protótipo do *hardware* do Arduino. Juntou-se ao grupo, como aluno, David Mellis, que escreveu o primeiro *software* do projeto. Para orientá-lo e como consultor para o projeto, veio Tom Igoe, professor do Programa de Telecomunicações Interativas (*Interactive Telecommunications Program - ITP*) da Escola de Arte da Universidade de Nova Iorque (Tisch School of the Arts of New York University). E, finalmente, Gianluca Martino ingressou no grupo como a pessoa jurídica que poderia produzir em larga escala as placas Arduino (ARDUINO... 2010).

Na plataforma Arduino, tanto *hardware* como *software* são “*open-source*”, ou seja, livres para serem alterados por qualquer pessoa, isso foi pensado para que a comunidade que se interessasse dessa continuidade ao projeto, pois os fundadores sabiam que o Instituto Ivrea estava sendo fechado por não ter mais o financiamento da Telecom Itália. Dessa forma, não teriam problemas legais ou de restrições quanto à utilização do Arduino, após o fechamento do Instituto. Assim, com *hardware* e *softwares* liberados, surgiram artistas, *designers* e *hobbistas* de todos os tipos que ajudaram e/ou ajudam a construir instrumentos eletrônicos, pequenos

robôs, máquinas interativas e outras diversas soluções tecnológicas que expandiram a marca Arduino pelo mundo (ARDUINO... 2010).

Na mesma época, sob a indicação de Tom Igoe, a empresa SparkFun Electronics, de Nathan Seidle, começou a vender o Arduino. SparkFun é uma loja de varejo *on-line* que vende pequenas peças para projetos eletrônicos que usam tecnologia de código aberto (*open-source*), o diferencial é que a empresa disponibiliza aulas e tutoriais *on-line* gratuitos para ajudar a educar as pessoas no mundo da eletrônica embarcada. A SparkFun Electronics está localizada em Boulder, Colorado, Estados Unidos da América (EUA) e foi fundada em 2003 (SPARKFUN, 2016; ARDUINO... 2010).

Nessa “onda” de empresas que criam e disponibilizam aulas e tutoriais de tecnologias *open-source*, o Arduino se expandiu para o mundo. Nessa “onda” participaram, ainda: a revista *Make* e a empresa *Adafruit*. A *Make* em revista tem como ideologia “o faça por você mesmo” e ajuda seus leitores a ter a máxima experiência da tecnologia *open-source*, é uma revista híbrida, pois une característica de revista e livro, foi a primeira revista dedicada a projetos de tecnologias “faça por você mesmo” que estão moldando o futuro com projetos e ideias inovadoras. Já a empresa *Adafruit* foi fundada pela *hacker* e engenheira Limor Fried, que afirma que sua empresa é o melhor lugar para aprender eletrônica *on-line*, além ter os melhores produtos para projetos de todos níveis e para pessoas de todas as idades. A revista *Make* está localizada em São Francisco, Califórnia, EUA, em funcionamento desde 2004. Por sua vez, a *Adafruit*, localiza-se em Nova Iorque, Nova Iorque, EUA, e está trabalhando desde 2005. Outro lugar que se destaca pela qualidade e quantidade de projetos compartilhados que usam o Arduino é o website *Instructables*<sup>12</sup>, fundado por Dan Goldwater, Saul Griffith, Eric J. Wilhelm, com sede em Emeryville, Califórnia, EUA. Ele é um repositório de projetos de tecnologias *open-source*, com sua ideologia de compartilhamento livre, que vem, desde 2005, documentando os projetos de tecnologias “faça por você mesmo”, lugar que nos surpreende pela: imaginação, curiosidade e generosidade de todos que compartilham suas criações no *Instructables* (INSTRUCTABLES, 2016; ADAFRUIT, 2016 e MAKER, 2016).

É importante salientar, ainda, que os criadores do Arduino mantêm duas empresas para a fabricação, divulgação e expansão da tecnologia: a empresa Arduino LLC, na cidade de Cambridge, nos Estados Unidos, e a empresa Smart Projects S.r.l. de Gianluca Martino, que fabrica a maior parte da placa com a marca Arduino. Quando a Arduino LLC buscou novos parceiros para a produção da placa, nos Estados Unidos, em busca de baratear, consolidar e

---

<sup>12</sup> <http://www.instructables.com/>

expandir a marca ainda mais pelo mundo, criou um atrito com a Smart Projects S.r.l, a qual entrou com um processo nos Estados Unidos pedindo o cancelamento do registro da marca Arduino que a empresa Arduino LLC detinha, com o argumento de que ela produzia a placa desde 2005. Em seguida, a Smart Projects S.r.l. mudou o nome para Arduino SRL e criou o domínio<sup>13</sup> “arduino.org”, concorrendo com o domínio “arduino.cc”, da Arduino LLC. Essa luta judicial, pelo uso da marca Arduino, terminou em outubro de 2016 com o acordo entre Arduino SRL e Arduino LLC quando criaram o “Arduino Holding” para ser o único ponto de destruição do produto com a marca Arduino, além de criar a “Arduino Foundation” para manutenção no *software* e para promover o movimento *open-source*, fornecendo suporte para uma variedade de bolsas de estudo à comunidade e iniciativas de desenvolvedores (CAMPOS, 2015). Essa discussão é importante, pois nossos grupos interagiram nesses dois ambientes “arduino.cc” e “arduino.org”, por isso, na composição da rede global Arduino, aparecem como nós distintos, Figura 18.

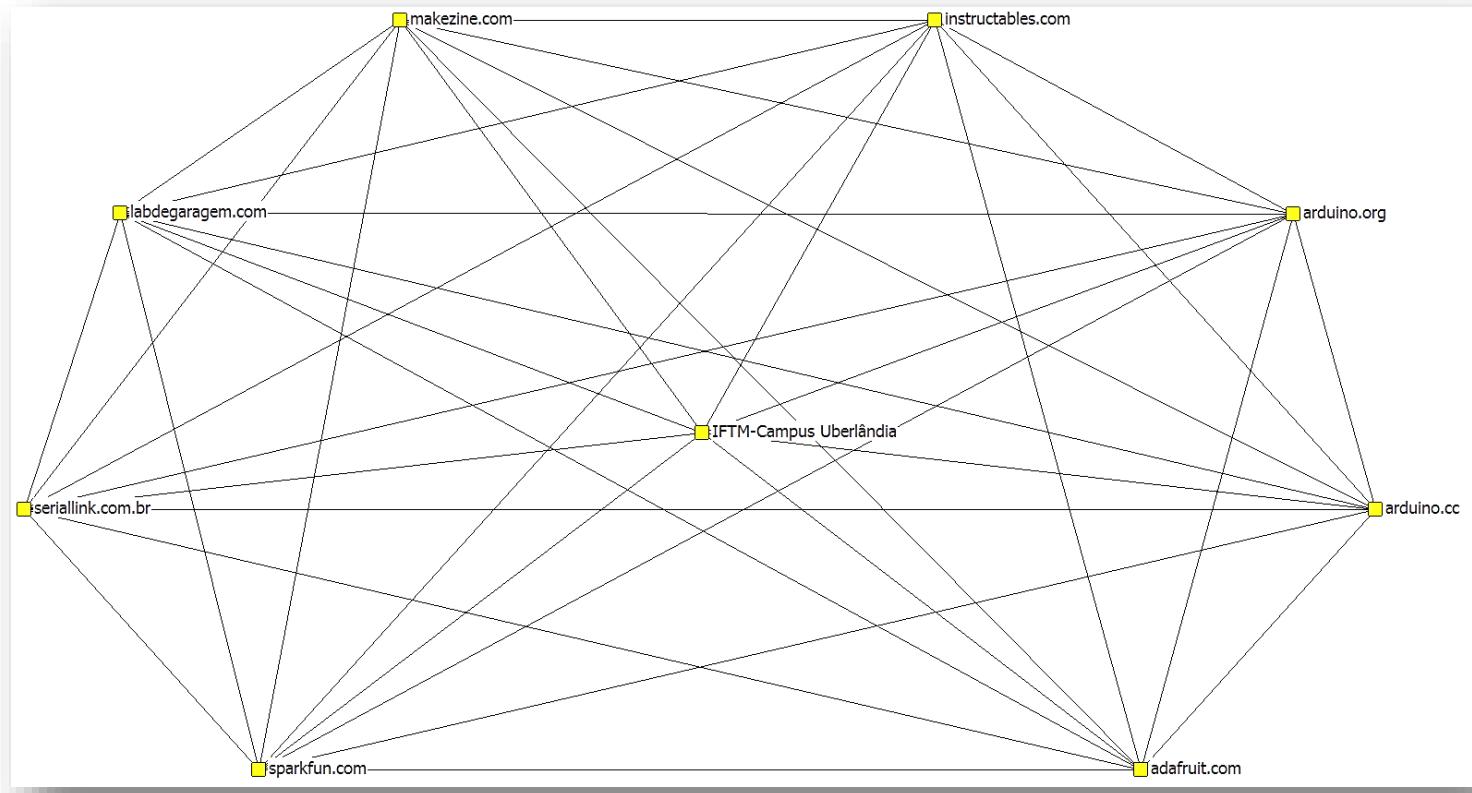
Em formato parecido temos, no Brasil, o Laboratório de Garagem que é “rede social, um grupo de pessoas que acreditam que a próxima revolução pode (e vai) sair de uma garagem, ainda mais se ela estiver conectada a muitas outras garagens” (LABDEGARAGEM, 2016, p.1). Fundado por Marcelo Rodrigo, na cidade de São Paulo, está em funcionamento desde 2010. Há também esforços de Renato Aloi que desenvolve, desde 2011, videoaulas e tutoriais sobre eletrônica, Arduino e outras tecnologias *open-source*. Ele fundou a empresa Serial Link, na cidade de São Paulo, que vende os produtos desenvolvidos pela empresa e que são mostrados nas aulas em vídeo. Aloi diz que “Há quatro anos [2011 a 2015] comecei esse projeto chamado Curso Arduino, que vem contribuindo muito para a educação dos nossos filhos (até nossa mesmos), em tecnologia de ponta, ou seja: Microcontroladores” (SERIAL LINK, 2016, p.1).

Existem outras iniciativas no Brasil e pelo mundo com a mesma natureza, contudo, as que aqui explanamos foram as que mais utilizamos para tirar nossas dúvidas e para construir as soluções tecnológicas dos grupos. Observa-se que a interação está mediada pela *Internet* - rede global distribuída de comunicações. Assim, a Figura 18, mostra os nós e as conexões da rede global Arduino.

---

<sup>13</sup> Domínio é nome que se utiliza para localizar e identificar conjuntos de computadores na *Internet*.

Figura 18 – Rede global Arduino



Fonte: Elaboração do próprio autor

Essa rede global Arduino é uma rede distribuída, pois cada nó, se finalizado, não finda a informação e comunicação sobre a tecnologia Arduino. Mas, deve-se notar que ao iniciar a interação em uma rede já existente, leva-se um tempo para que o novo nó floresça e comece a contribuir não só na divulgação da rede em que está inserido, mas, também na produção de dados<sup>14</sup> para alimentar a rede da qual participa, pois, a capacidade dialógica, entre os nós, é adquirida “com o tempo em complexos processos de socialização em meio a dispositivos sócio-históricos particulares” (GIRARDI JÚNIOR, 2009, p. 91). Contudo, uma vez inserido na rede, há uma motivação por saber que estamos interagindo com pessoas do mundo todo e trabalhando com tecnologia avançada e contemporânea. Para Freire e Shor (2011, p. 18, 19 e 24) a “motivação faz parte da ação. É um momento da própria ação. [...] a motivação tem que estar dentro do próprio ato de estudar. [...] a motivação de saber que você está descobrindo novos territórios”. Abaixo estão os dizeres, motivados, dos participantes ao interagirem na Rede global Arduino.

<sup>14</sup> Aqui, conceituamos dados como “qualquer elemento quantitativo ou qualitativo, desvinculado de referencial explicativo, que por si só não conduz ao entendimento” de um fato ou situação. Pode como forma: sons, imagens, palavras, vídeos, números e arquivos, entre outros (MÜLBERT e AYRES, 2007, p. 22).

[WhatsApp] – A1G1: *Nossa! O Arduino é o futuro. Dá para você fazer tudo com ele.*  
 [WhatsApp] – A5G2: *O Arduino é o rei dos reis, comanda tudo. Você pode fazer o que você quiser com a plaquinha azul, fazer um robô mais inteligente que o ser humano.*

[WhatsApp] – A7G3: *O Arduino é a base para qualquer tecnologia que possa vir a existir, é realmente o futuro!*

[WhatsApp] – A9G3: *Se você quer inovar ou renovar, com certeza, tem que ser com essa plaquinha azul.*

Essa motivação se deu, segundo nosso entendimento, pela desenvoltura instrumental dos participantes em acessar os dados que há na Rede global Arduino e transformá-los em informação<sup>15</sup> para desenvolver os projetos da rede local de autoria dos grupos. Os dizeres das participantes A2G1 e A8G3 nos mostra a importância dessa rede para a autoria dos grupos:

*Os grupos possuem uma Rede, na qual participam pessoas da internet e de outros cursos técnicos daqui, de outros anos e até da UFU [Universidade Federal de Uberlândia]. No nosso projeto, houve a ajuda de blogs da internet, de pessoas da UFU e alunos e professores daqui[IFTM] na parte da programação do Arduino e na parte da matemática (A2G1, ENTREVISTA).*

*Nossa! A ajuda dos professores do IFTM e da UFU foi, sem dúvidas, indispensável. Sem o Deive e os sites que ele nos mostrava, no começo do projeto, talvez nem estaríamos aqui, foram os sites e ele que nos ajudou em toda a programação inicial do Arduino para que o chuveiro funcionasse. PMGMA e CoGMA, neste ano foram excepcionais, cada um contribuindo da sua forma, mas sempre indispensáveis (A8G3, ENTREVISTA).*

Assim, o sujeito do grupo, ao interagir conosco e com a referida rede, iniciou uma fluência tecnológica sobre o Arduino e suas possibilidades de mudanças das coisas do mundo. Interpretamos dessa forma, pois, pela motivação, os envolvidos sentiram-se empoderados ao perceber que era possível sintetizar as informações e/ou reformulá-las para criar soluções tecnológicas que resolvessem seus problemas.

Nessa parte, escrevemos que o desenvolvimento de tecnologias de economia de água necessitou de uma fluência tecnológica composta por duas redes de acesso, consumo, produção de informação e comunicação, uma diferente da outra. Uma rede local de autoria, na qual mostramos as interações que os sujeitos dos grupos buscaram para produzir suas tecnologias de economia de água. A outra referiu-se à tecnologia Arduino, usada nas tecnologias produzidas, essa tecnologia faz parte de uma rede distribuída de acesso, consumo e produção de informação e componentes eletrônicos, a qual chamamos de rede global Arduino. A primeira rede é local, uma vez que os grupos “viveram” lugares dotados de qualidades físicas/simbólicas que tornam os produtos diferentes (CASTELLS, 1999). A segunda rede é global, pois as atividades de

---

<sup>15</sup> Do latim informare, dar forma a algo, é um conjunto de “dados coletados, organizados, ordenados, aos quais são atribuídos significados e contexto” (MÜLBERT e AYRES, 2007, p. 23).

consumo e produtivas dependem da habilidade de criar, processar e aplicar de forma eficiente a informação, baseada em uma rede global de interação de usuários da tecnologia Arduino, que se propaga pela *internet*. Assim, para a rede local de autoria dos três grupos foi indispensável se inserir na rede global Arduino, o que possibilitou uma ampliação da rede local de autoria dos grupos, os quais, pelos seus dizeres, têm no Arduino o recurso para inventar, inovar, aprender e ensinar.

A autoria de tecnologias para economia de água, realizadas pelos grupos, que entrelaçaram informações de redes locais e globais, está intimamente relacionada aos dizeres do Projeto Político do Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio, pois nesse documento estabelecem as condições curriculares, materiais e informacionais, para se ter um “profissional técnico em meio ambiente que tenha uma visão sistêmica dos problemas ambientais relacionados” (IFTM, 2013, p. 15). Para tal, a formação deve ser fundamentada em formação humanística que “articule trabalho, à ciência, à cultura e à tecnologia, numa perspectiva emancipatória e dialógica” (IFTM, 2013, p. 20), segundo Freire (2008, p.33) “Na medida em que os homens, dentro de uma sociedade, vão respondendo aos desafios do mundo, vão temporalizando os espaços geográficos e vão fazendo história pela sua própria atividade criadora”. Essa atividade criadora é um dos objetos do Curso Técnico em Meio Ambiente, como observado em: “objetivo de formar cidadãos capacitados e competentes para atuar em sua área de formação, pesquisa, difusão de conhecimentos e **processos que contribuam para o desenvolvimento tecnológico**, econômico e social do país” (IFTM, 2013, p. 20, grifos nossos).

Um dos caminhos para atender esse objetivo é o profissional, técnico em Meio Ambiente, aprender não só a consumir tecnologias produtivas que causem menos impactos ao ambiente, mas também produzi-las, o que se faz entrelaçando Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) aos projetos do referido curso. Desse ponto de vista, o Regador Automático, a Descarga Digital e o Chuveiro Inteligente estão em consonância com os escritos do Projeto Político do Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio.

### *5.2.2 Os resultados do processo de produção dos projetos*

Relembramos que objetivo inicial dos grupos “Natureza Blue”, “Árvore da vida-ifm” e “Water World 2015” foi participar da 12ª edição da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), que teve como tema “Luz, ciência e vida” em 2015. Esse tema foi baseado em decisão da Assembleia Geral das Nações Unidas, que proclamou o referido ano como “Ano

Internacional da Luz, com o objetivo de celebrar a luz como matéria da ciência e do desenvolvimento tecnológico” ” (MCRI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2015, p. 1). Naquele ano, os grupos participaram de dois eventos que promoviam a SNCT, a Semana Multidisciplinar e o Ciência Viva, organizados pelo IFTM e a UFU, respectivamente. Nesses eventos, os sujeitos dos grupos almejavam apresentar dispositivos tecnológicos que, com pouca energia elétrica, evitassem o desperdício de água.

A Semana Multidisciplinar é um evento das produções internas realizadas no IFTM. Nela, os alunos tinham a possibilidade de inscrever seus trabalhos na Feira de Conhecimentos (FEICON) e/ou na Feira de Novos Produtos (FNP). A FEICON tinha o objetivo de possibilitar aos estudantes que, por meio de apresentação oral, expusessem o pensar científico, relacionando fenômenos e teorias, modelos e realidade, hipóteses e meios para testá-las. Já a FNP era para expor os novos produtos, serviços ou processos desenvolvidos por discentes. No primeiro, as inscrições eram realizadas mediante um resumo simples do projeto, apêndices 2 e 3. No outro, além do resumo, era necessário enviar um formulário do invento, apêndice 4. Nossos grupos foram inscritos em categorias distintas para não concorrerem entre si. O grupo “Natureza Blue” foi inscrito na categoria Ciências Exatas (Matemática, Física, Química, Informática), o grupo “Water World 2015” na categoria Meio Ambiente e “Árvore da vida-ifm”, na FNP na categoria Novos Produtos, Processos e/ou Serviços (Ciências Agrárias). Na FEICON, a avaliação foi realizada por uma comissão de três avaliadores, que seguiram os seguintes critérios:

1. Domínio de conteúdo, valor máximo 20 pontos;
2. Clareza na exposição, valor máximo 10 pontos;
3. Coerência com o tema proposto, valor máximo 10 pontos;
4. Uso da metodologia científica, valor máximo 10 pontos;
5. Painel (visualmente apreciável), valor máximo 10 pontos;
6. Estande (organização e aproveitamento do espaço), valor máximo 10 pontos;
7. Criatividade no desenvolvimento do tema, valor máximo 10 pontos;
8. Entrosamento do grupo (postura, cooperação, etc.), valor máximo 10 pontos; e
9. Segurança e a clareza das respostas às perguntas, valor máximo 10 pontos.

Na FNP, a comissão teve dois julgadores para cada categoria, avaliando os seguintes critérios:

1. Caráter inovador, valor máximo 20 pontos;
2. Domínio dos conhecimentos inerentes à tecnologia do produto, valor máximo 10 pontos;
3. Avaliação de características do produto/processo, valor máximo 20 pontos;
4. Habilidade do grupo em comunicar-se, valor máximo 10 pontos;
5. Impacto visual da equipe e do *stand*, valor máximo 10 pontos;

As premiações foram medalhas para os três primeiros colocados e, na FNP, o vencedor ganhava R\$ 300,00. A Figura 19 é a representação visual da Semana Multidisciplinar de 2015.

Figura 19 – Semana Multidisciplinar de 2015



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Na Figura 19. 1 mostramos o início da montagem dos *stands*, realizada por uma empresa contratada exclusivamente para tal finalidade. Cada *stand* tinha mais ou menos um metro quadrado, mas o grupo “Árvore da vida-ifmt” pediu para que não montasse o *stand* e que ficasse no “canto”. Como esse grupo trabalhou com água e terra, a organização do evento pediu para comprássemos uma piscina infantil de plástico (PVC) de 1000 litros. A exposição ocorre em um único dia, que é dividido da seguinte forma: das 07h30 às 09h00, para os alunos organizarem o que vão expor nos *stands*, as Figuras 19. 2, 19. 3 e 19. 4 mostram como ficou a montagem dos grupos. A exposição foi até por volta das 15h30 e depois ocorreu a avaliação e premiação.

Nesse evento, um dos avaliadores perguntou: qual era a sensação de apresentar um trabalho na Semana Multidisciplinar? Para A7G3, a sensação é “*muito boa, pois aqui nós mostramos um trabalho feito por quase um ano, e passamos nossos conhecimentos a mais pessoas, isso não fica limitado só a nós*”. A9G3 completa dizendo que “*além de você estar mostrando todo o seu trabalho desde o começo, você ganha confiança pessoal*” [NOTA DE CAMPO]. Os dizeres mostram a marca deixada pelo trabalho desenvolvido, a qual para nós é o empoderamento individual e social. Individual, pois há *confiança pessoal* pelo trabalho realizado e social, pois tendo a autoria, ela transborda na necessidade, em uma ação de mostrar o que se fez, transformar os outros também, para que *isso não fica limitado só a nós*.

Como nossos grupos estavam em categorias diferentes, o avaliador que fez tal pergunta não a fez aos demais grupos, então nos apropriamos do questionamento na entrevista com os demais.

A pergunta foi modificada: para você, qual a importância de apresentar um produto em um evento? A experiência para A4G2 e A3G1 é semelhante e refere-se à interação com outras pessoas, diz A4G2: “*acho muito importante a própria apresentação, pois você apresenta para diversas pessoas desconhecidas*”[ENTREVISTA], a fala nos aponta para uma cicatriz de uma dificuldade superada, a de se expor em público. Nesse mesmo sentido, fala A3G1: “*É engrandecedor, pois nos faz perder a timidez e outros medos com público principalmente com as críticas foram todas produtivas*”[ENTREVISTA]. Pode-se observar que esses dois dizeres, ainda, corroboram com a constatação da experiência do empoderamento individual. Ainda relacionada à experiência da interação, A1G1 diz que “*Foi muito legal compartilhar nossa pesquisa com pessoas que sabiam muito e pessoas que sabiam pouco. Cada uma delas se empolgava de maneira diferente e nos mostrava que o nosso esforço tinha sido válido*”[ENTREVISTA]. O dizer aponta, também, para o acontecimento pesquisa transformando-se em experiência para A1G1, falaremos disso mais adiante.

Na feira de novos produtos, o grupo “Árvore da vida-ifm” conquistou o primeiro lugar como projeto inovador desenvolvido por discentes e, além de medalhas, ganhou os R\$ 300,00. Na Feira de Conhecimentos, o grupo “Natureza Blue” também conquistou o primeiro lugar na categoria conhecimento de informática para economia de água. Um grupo de alunos técnicos em Meio Ambiente ganhar na categoria conhecimento de informática nos mostra que o modo de produção que escolhemos foi bem realizado. Fomos saber se esse acontecimento tinha marcado os sujeitos. Para A1G1 essa fase foi importante para despertar, nela, uma imaginação criadora com a ação de programar, diz ela: “*agora imagino maneiras de utilizar programação na minha área*”[ENTREVISTA]. A2G1 reforça dizendo que “*programar é uma sensação*

*incrível. Nunca imaginei que eu, como técnica em Meio Ambiente, teria capacidade de programar um aplicativo”* [ENTREVISTA]. Os dizeres apontam que o acontecimento implementação do protótipo transformou nos sujeitos a experiência da imaginação criadora, pois para Vigotski (2009, p. 59) a “imaginação é o impulso para a criação [...] uma força ativa da vida somente ao dirigir as ações e os comportamentos do homem, buscando encarnar-se e realizar-se”. Vemos, a partir da obra desse autor, que a experiência de imaginar é parte da fluência autoral conquistada pelos sujeitos, pois

Na sua forma plena, a imaginação criadora, externamente, tende a confirmar-se com uma ação que existe não apenas no inventor, mas também para todas as outras pessoas. Ao contrário, nos sonhadores genuínos, a imaginação permanece na esfera interna, num estado mal elaborado, e não se encarna numa invenção artística ou prática. O espírito sonhador representa o equivalente à pouca vontade, e os sonhadores não são capazes de revelar uma imaginação criadora (VIGOTSKI, 2009, p.58).

Por tais argumentos, a experiência da imaginação criadora e a experiência do empoderamento social estão entrelaçados em comunhão na “orientação das ações e na construção da vontade-social, individual, viabilizando e potencializando a realização de projetos e a produção do novo” (VIGOTSKI, 2009, p.58). Produção que não se esquia ou afasta da Matemática, uma vez que os participantes sintetizam as experiências dos saberes matemáticos obtidos da seguinte forma:

*fizemos funções para chegarmos aos resultados das tabelas feitas pelos alunos que colocaram o seu tempo de banho, logo após as funções também fizemos gráficos, entre outros vários cálculos realizados durante o projeto* [ENTREVISTA, A7G3]

*Foi necessário dominar questões de função afim, pressão, vazão, plotação de gráficos e dados coesos* [ENTREVISTA, A1G1]

*Na prática consegui aprender coisas de Matemática com as quais na teoria não havia tido compreensão* [ENTREVISTA, A3G1]

É importante que se diga que tais dizeres não se referem à aprendizagem Matemática só na fase de implementação do protótipo, mas também nas outras duas, de *Design* e *Simulação* do protótipo. Observamos nas falas que a experiência em Matemática é uma abstração quase que experimental, uma vez que segundo A3G1 “*na prática consegui aprender coisas de Matemática com as quais na teoria não havia tido compreensão*”. Acreditamos que A3G1 refere-se à ação prática de criar o protótipo, *hardware* e *software*. Ao vislumbrarmos os dizeres de Latour (1997), permitimo-nos afirmar que a autoria dos grupos se mostrou como uma forma

de abrir algumas “caixas-pretas” do conhecimento matemático, científico e tecnológico criados pela humanidade.

Passada uma semana da finalização da Semana Multidisciplinar, ocorreu a exposição do Ciência Viva, um evento para as instituições de ensino da cidade de Uberlândia, contemplando o ensino fundamental, médio e universitário. Realizado pela Universidade Federal de Uberlândia, sob a coordenação do professor Dr. Adevailton Bernardo dos Santos. Nele, há quatro categorias: Ciências Exatas e da terra, Engenharia e tecnologia; Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde; Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas e Interdisciplinar. Nossos grupos foram inscritos de forma que não competissem entre si. O Regador Automático na categoria de Ciências Agrárias, o Chuveiro Inteligente na categoria Interdisciplinar e a Descarga Digital na categoria Ciências Exatas e da terra. A avaliação dos projetos foi realizada por uma comissão julgadora que deu notas de pelo menos dois avaliadores diferentes, para cada um dos critérios estabelecidos e constantes na Tabela 1.

Tabela 1– Itens Avaliativos

<b>Item de avaliação</b>	<b>Pontuação</b>
Texto submetido no momento da inscrição	Até 10 pontos
Criatividade e caráter inovador da proposta	Até 10 pontos
Trabalho em equipe (cooperação e interação dos integrantes da equipe)	Até 10 pontos
Apresentação e domínio do conteúdo e diário de bordo	Até 10 pontos
Metodologia utilizada e viabilidade – ênfase para o uso de metodologia científica	Até 10 pontos
Profundidade e abrangência no desenvolvimento do tema	Até 10 pontos
Interdisciplinaridade na abordagem do tema e Articulação do tema com o cotidiano	Até 10 pontos
Referências bibliográficas utilizadas	Até 10 pontos
<i>Banners, protótipos e organização do stand</i>	Até 10 pontos

Fonte: Ciência Viva (2015)

A premiação do Ciência Viva 2015 consistia em certificados de classificação, medalhas, além de um troféu para a escola. Houve, ainda, a concessão de bolsas de Iniciação Científica Júnior, do CNPq, pelo período de um ano para os primeiros colocados, para os estudantes de escolas públicas que estivessem cursando do 8º ano do ensino fundamental ao 2º ano do Ensino Médio. A Figura 20 é a representação visual desse evento.

Figura 20 – Ciência Viva 2015



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Na Figura 20.1 apresentamos a disposição dos *stands*, a empresa responsável pela montagem foi a mesma da Semana Multidisciplinar, como já nos conhecia do evento anterior, foi fácil pedir aos encarregados da montagem que colocassem o *stand* do Regador Automático em um “canto”, sem montar a bancada de apresentação. Nas outras figuras, mostramos os produtos. Esse evento ocorreu em dois dias, no primeiro dia foi dado até as 09h00 para a adequação dos *stands* aos produtos que seriam expostos. A exposição foi até as 16h00 do dia seguinte, depois, às 17h00 ocorreu a premiação. As Figuras 20.2, 20.3 e 20.4 mostram a exposição do Chuveiro Inteligente, da Descarga Digital e Regador Automático, respectivamente.

Durante a exposição da Descarga Digital, pelo grupo “Natureza Blue”, um professor do Programa de Pós-graduação em Educação questionou as participantes: “Para vocês

*desenvolverem todo esse trabalho, qual foi a coisa mais importante que vocês aprenderam? ”* [NOTA DE CAMPO]. A1G1, com ajuda de A3G1, responde que

*Aprendemos a pesquisar, no sentido de você querer modificar uma realidade que poucos questionam, você debater com seus colegas, respeitando opiniões, pois todos nós temos o que dizer daquilo que carregamos da vida. Assim, as grandes mudanças surgem a partir de atos, então, fomos desafiadas a trabalhar com a informática, uma vez que não estávamos preparadas para trabalhar com ela. Então nós corremos atrás, pesquisou-se, desenvolveu-se, experimentou-se, investigou-se e tudo mais para que pudéssemos chegar ao nosso modelo* [NOTA DE CAMPO].

O que ficou em A1G1 foi a pesquisa, mas aquela que modifica a realidade a partir de ações. Assim, a experiência da pesquisa nesse sujeito mobiliza seu projeto individual para *modificar uma realidade a partir de atos*, isso é, a partir de uma ação questionadora, Demo (2006 e 2011), perpassando pelo entrelaçamento da experiência da imaginação criadora com a experiência do empoderamento social, possibilitando que o sujeito se torne capaz de transformar seu mundo e também o do outro, essa é a experiência de uma práxis criadora. Ao observarmos os discursos de Freire e Shor (2011), Freire (2011a), e Marina (2009) nos é permitido inferir que tais projetos comunitários só florescerão se neles estiver a possibilidade de a rede global Arduino ser mobilizada para a realização dos projetos das pessoas.

Desse modo, mobilizar os saberes de uma rede global é a condição de possibilidade de realizar os projetos que se tem. A esses saberes mobilizados para a realização dos projetos das pessoas, Marina (2009) chama de **inteligência criadora**, como ela é um constante movimento entre a ação de projetar e produzir, de pensar e agir, do refletir e a ação. Por esse movimento, substituímos o termo “inteligência criadora” por **práxis criadora**. Compreendendo práxis como

O ato de conhecer envolve um movimento dialético que vai da ação à reflexão sobre ela e desta a uma nova ação. Para o educando conhecer o que antes não conhecia, deve engajar-se num autêntico processo de abstração por meio do qual reflete sobre a totalidade “ação-objeto” ou, em outras palavras, sobre formas de “orientação no mundo” (FREIRE, 2011b, p. 935-936 Kindle).

[...] práxis, através da qual a consciência se transforma, não é pura ação, mas ação e reflexão. Daí a unidade entre prática e teoria, em que ambas se vão constituindo, fazendo-se e refazendo-se num movimento permanente no qual vamos da prática à teoria e desta a uma nova prática (FREIRE, 2011b, p. 2197-2199 Kindle).

[...] Práxis na qual a ação e a reflexão, solidárias, se iluminam constante e mutuamente (FREIRE, 2013, p. 1273-1274 Kindle).

[...] a práxis não é a ação cega, desprovida de intenção ou de finalidade. É ação e reflexão. Mulheres e homens são seres humanos porque se fizeram historicamente seres da práxis e, assim, se tornaram capazes de, transformando o mundo, dar significado a ele. (FREIRE, 2011b, p. 2777-2778 Kindle).

Nesses dizeres, observa-se não os extremos (teoria ou prática), que são importantes na ação criadora, mas a interação entre reflexão e ação, sendo que só há sentido quando o humano altera a realidade por meio de sua conduta. “Para os seres humanos, como seres da práxis, transformar o mundo, processo em que se transformam também, significa impregná-lo de sua presença criadora, deixando nele as marcas de seu trabalho” (FREIRE, 2011b, p. 1336-1337 Kindle). Por isso, não se pode ter projeto fora da unidade teórico-prática, reflexão-ação. Se tiver, será ou teórica oca ou ativismo. Desse ponto de vista a

[...] imaginação e a conjectura em torno do mundo diferente do da opressão são tão necessárias aos sujeitos históricos e transformadores da realidade para sua práxis quanto necessariamente fazem parte do trabalho humano que **o operário tenha antes na cabeça o desenho, a “conjectura” do que vai fazer** (FREIRE, 2013b, p. 671-672 Kindle, grifos nossos).

É o desenvolvimento desse “ter na cabeça o desenho, a “conjectura” do que vai fazer”, bem como as condições de fazê-lo, que Marina (2009) intitula inteligência criadora, mas nós entendemos como *práxis criadora*. Acreditamos que se trata da mesma coisa, mas de pontos de vista diferentes e dando ênfase a coisas diferentes, por isso achamos melhor diferenciar o termo. A experiência da práxis criadora dá ao sujeito autor (idade), pois ele sai da condição de consumidor de autoria dos outros para a condição de autor.

Essa condição de autor, na Cultura Digital, expandiu a rede local dos grupos para uma rede global. O que possibilitou ir além das divulgações em eventos como a Semana Multidisciplinar e Ciência Viva. Registraram suas produções na *internet*. Essa divulgação na *internet*, que também tem a função de conectar a rede local de autoria à rede global Arduino, foi feita graças à necessidade dos grupos de atender a um critério de avaliação do Ciência Viva, o diário de bordo. A ideia dos grupos foi de fazer tal diário em um *blog*. No *link* <https://goo.gl/T5a9dJ>, pode ser visto o primeiro *blog* que o grupo “Natureza Blue” criou para atender a referida avaliação. A evolução dessa divulgação na *internet* pode ser vista nos seguintes *links*:

1. Descarga Digital: <https://goo.gl/HWndkh>
2. Chuveiro Inteligente: <https://goo.gl/fXHyel>
3. Regador Automático: <https://goo.gl/o5kiUC>

Esses três *links* mostram a evolução dos trabalhos dos grupos de 2015 para 2016, que estão sendo investigados pelo pesquisador Alex Medeiro de Carvalho, por isso, não os detalhamos. Citamos aqui para mostrar e argumentar que a conexão entre a rede local de autoria à rede global Arduino continua e, à medida que o tempo passa a autoria dos grupos se modifica.

Isso é importante, pois estar na rede global Arduino como autor significa a possibilidade de redesenhar as conexões dos nós da rede que conecta as duas redes. Nada garante que o novo autor, que se beneficiou da conexão distribuída de sua rede local de autoria com a rede global Arduino, enquanto consumidor, tendo a autoridade enquanto autor, faça a conexão da mesma forma. Sendo autor, seu grupo pode escolher uma conexão centralizada ou descentralizada (multicentralizada), o que significaria o fim ou o uso exploratório da forma como produziram suas tecnologias.

Desse ponto de vista, para além da divulgação, há também a necessidade ética de colaborar com outros sujeitos quando os grupos se tornam autor, para tal, nada melhor que os *blogs*, pois são “ferramentas de colaboração que [...] facilitam a criação de confiança e capital social, permitindo a criação de grupos globais que conseguem criar valor de uso sem o intermédio da produção ou distribuição efetuada por organizações com fins lucrativos” (BAUWENS, 2016, p. 3). Faltam, aos nossos *blogs*, avançar para além do diário de bordo, colocando o processo histórico de criação, as descrições das fases de produção (*Design*, Implementação e Simulação do protótipo), quando esse tempo chegar estaremos ainda mais próximos de unir discurso da produção P2P à sua prática.

A avaliação por diário de bordo resolve, ainda, outro problema para a autoria dos grupos, falamos da organização do registro da pesquisa de cada grupo, além de possibilitar a quem avalia o trabalho verificar o processo histórico de desenvolvimento do trabalho, diferenciando um trabalho de curta duração daqueles de média e longa duração. Esse acontecimento, diário de bordo, transformou a forma como nossos grupos passaram a organizar o registro dos encontros para desenvolvimento do projeto de cada grupo. Logo, é uma experiência de organização de registros, uma marca silenciosa que aparece na forma como os sujeitos se comportam e se mostram na exposição de suas autorias. Quando existe, ela compõe a experiência da pesquisa, contudo a experiência da pesquisa independe dela. Os eventos de divulgação científica, para fugir da falta ou da não padronização da experiência da organização de registros, lançam modelos para ter e padronizar a exposição. Os apêndices 5, 6 e 7 mostram o resumo expandido enviado ao Ciência Viva.

Nesse evento, o Chuveiro Inteligente do grupo “Water World 2015” conquistou o segundo lugar, já o Regador Automático do grupo “Árvore da vida-ifm”, novamente, foi premiado com o primeiro lugar. Somando os dois eventos, podemos dizer que os três grupos foram premiados, o que obviamente interfere positivamente nos dizeres dos sujeitos sobre os caminhos que percorremos e sobre os produtos que desenvolvemos. A Figura 21 mostra os premiados dos dois eventos.

Figura 21 – Premiação da Semana Multidisciplinar e do Ciência Viva 2015



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Os três participantes do grupo “Árvore da vida-ifm”, A4G2, A5G2 e A6G2 conquistaram, ainda, a bolsa de Iniciação Científica Júnior para aprofundar seus conhecimentos no campo da pesquisa. Recentemente, novembro de 2016, questionamos os três sujeitos sobre a iniciação científica na UFU e a importância de ter tido a bolsa. Sobre o desenvolvimento da Iniciação Científica Júnior, A4G2 e A5G2 responderam “*estamos melhorando o Regador Automático, buscando transformá-lo em um produto que possa ser vendido para todos*”[NOTA DE CAMPO]. Quanto à bolsa, para A5G2, “*o dinheiro me ajudou a investir no projeto, comprei um computador novo que me auxiliou bastante*”[NOTA DE CAMPO]. Para A4G2, “*Essa bolsa nos ajudou bastante, principalmente a cobrir gastos de locomoção e alimentação*”.

Esse dizeres de A4G2 e A5G2 nos possibilita uma reflexão sobre a autoria dos grupos de pessoas de baixa renda. Como falamos em um contexto da Cultura Digital, pensamos que é normal que pessoas comuns criem e distribuam conteúdo *on-line* para o público, por meio de blogs, compartilhamento de vídeos e outros sites de redes sociais. Mas para o pesquisador

Schradie (2011), as condições de consumo é que são democráticas no mundo digital, já as de produção não o são, para tal ele fez uma investigação sobre a produção digital, considerando renda, raça, etnia, gênero e educação. O pesquisador mostrou que o nível escolar é o que mais interfere se o sujeito produzirá ou não conteúdos digitais. Segundo o autor, as pessoas com o ensino médio são menos propensas à produção de conteúdos digitais do que aqueles com um diploma universitário ou pós-graduação.

O pesquisador afirma, ainda, se ao consideramos o mesmo nível educacional e usuários economicamente marginalizados que possuem acesso ao capital econômico de *hardware*, *software* e outros dispositivos tecnológicos, esses usuários não têm sido capazes de usar esses aplicativos de produção no mesmo ritmo que aqueles de condição econômica mais favorável, criando uma divisão crescente na produção de aplicativos digitais com as vozes da elite daqueles produzidos pelos pobres. A explicação para tal fato é que as condições materiais e culturais são mais significativas para a produção de conteúdo digital do que para o consumo. Schradie (2011) explica que, quando as pessoas são capazes de acessar um computador em vários lugares, ou com vários *gadgets*, frequentemente durante todo o dia, elas têm mais controle sobre o processo de produção e podem produzir mais conteúdo. Uma implicação desses resultados é que o acesso em um local sobre o qual pessoas economicamente desfavorecidas não têm controle, como uma biblioteca ou escola, limita a sua probabilidade de produção de conteúdo digital (SCHRADIE, 2011). O que explica a necessidade de *investir no projeto* que A5G2 fez ao comprar um novo computador, para ter mais controle sobre o processo produção do Regador Automático de seu grupo.

Entendemos que a diminuição das condições negativas de vida se dá na medida que nossos projetos autorais ajudam o sujeito a “aprender não importa que saber, o do torneiro ou o do cirurgião, com vistas à mudança do mundo, à superação das estruturas injustas, jamais com vistas a sua imobilização” (FREIRE, 2011, p. 1795-1797 Kindle). Veremos, abaixo, que apontam outras experiências nesse sentido. Com o término dos eventos, marcamos um último encontro do ano de 2015 para realizarmos uma entrevista, contabilizar os custos dos três projetos e entregarmos as medalhas e certificados da premiação do grupo “Water World 2015”.

Começamos a conversa pelo fato de termos grupos que ganharam em um evento e perderam em outro, questionamos os integrantes se havia ou não importância nesses acontecimentos opostos. A questão da competição no cenário escolar, quando se fala em educação para a transformação, é algo conturbado. Para Barbosa (2004, p. 9), o papel da escola naturalmente já “contribui para a exclusão dos meios necessários à vida digna, pois as estruturas mais fortes organizam-se para privilegiar grupos e pessoas”, ou ainda que “Perpetua nas escolas

e nos bancos universitários uma visão individualista, que visa à competição e à ascensão pessoal” (BARBOSA, 2004, p. 65). Acreditamos que a melhor saída para essa constatação, não é negar ações individualistas e competitivas, mas sim educar, nessas condições, para não ser conformista e também para a solidariedade entre as pessoas (FREIRE e SHOR, 2003). Nesse processo educativo nota-se que ganhar ou perder depende em parte do indivíduo, mas também da estrutura material e subjetiva da qual a competição ocorre, o que podemos ver nos dizeres de A9G3:

*Ganhar significa que você está no caminho certo, mas não que você não possa melhorar e sim como você teve as experiências que o evento pedia, estava dentro do tema. Perder não significa que você está no caminho errado, significa que você pode melhorar, e que talvez você não tinha as experiências que o evento pedia, e também pode ser que o seu projeto, não tinha tanto a ver com o tema [ENTREVISTA].*

Experiência nesses dizeres não se refere ao ato de experimento científico, mas os sentidos subjetivos que o sujeito e os avaliadores do evento emanam. Pelos dizeres, o protótipo tem que despertar uma comunhão entre a experiências do sujeito e do avaliador, ou seja, o projeto tem que mexer com a subjetividade da pessoa que avalia. Acreditamos, ainda, que uma pessoa empoderada ou munida da experiência do empoderamento individual e social, dá pouca relevância às frustrações de perder uma competição, o que observamos nos dizeres de A1G1.

*Na verdade, para mim não há problema em ganhar ou perder. O melhor de tudo é você saber que fez o melhor e que outras pessoas veem significado no seu trabalho. Os eventos estão cheios de projetos que inovam o saber, isso que é o mais importante [ENTREVISTA].*

Observamos nessa fala a solidariedade enquanto compromisso de promover e instaurar a “ética universal do ser humano”, uma dimensão utópica que se materializa nesses dizeres em que o “fundamental é a minha decisão ético-política, minha vontade nada piegas de intervir no mundo” (FREIRE, 2011, p. 1789-1790 Kindle). Intervir no mundo é, na Educação Matemática, um ir e vir de leituras do mundo com a Modelagem Matemática, educando pela pesquisa para, com o que é dado de possibilidades da Cultura digital, sermos autores de tecnologias que transformem nosso cotidiano. Nesse sentido de criar para transformar, questionamos o que havia mudado na vida dos sujeitos com o projeto e qual a parte que ele mais tinha gostado, para A2G1:

*O projeto foi uma das melhores coisas que aconteceram em 2015. Aprendi muito sobre informática e ainda criamos uma família de amigos. Nele, minhas expectativas foram superadas, fomos campeões na FEICON em primeiro lugar, tivemos a*

*oportunidade de representar o IFTM no Ciência Viva e a sensação de ter feito um bom trabalho é imensa. Esse projeto mudou minha vida, pois me ensinou como é possível desenvolver projetos em uma área que você não domina e a importância da ajuda mútua. A parte que mais gostei foi a programação e o funcionamento do protótipo, como esperado [ENTREVISTA].*

Se experiência é “*isso que me passa*”, então, o *isso* enquanto acontecimento que na fala é o projeto, passou em A2G1(*me*) deixando a marca (*passar*) da relação entre informática e trabalho coletivo. Segundo Souza Júnior (2001) o trabalho coletivo interfere nos saberes produzidos por um grupo, em que o modo de aprender é tão importante quanto aquilo que aprendemos, uma vez que influencia na qualidade do conhecimento criado. A2G1 mostra que a ajuda mútua (trabalho coletivo) oportunizou que os elementos do grupo elaborassem e reelaborassem seus saberes para programar e fazer o protótipo funcionar, e concluíssem as fases de Implementação e Simulação do protótipo. Essas fases são a “paixão” da participante. Já para A7G3, o projeto foi

*sem dúvidas, algo incomparável, onde em sala de aula não se aprende tanto quanto em projetos feitos com essa metodologia. Eu esperava simplesmente apresentar ali o meu projeto e voltar para casa, mas aprendi muita coisa extracurricular nas reuniões e no final ainda ganhamos o segundo lugar no Ciência Viva, foi maravilhoso. Definitivamente ele transformou a forma como vejo as coisas, pois antes do projeto eu não via graça em nada relacionando a Informática, nem tão pouco a Matemática, agora consigo imaginar a Matemática além dos cálculos, uma Matemática que pode ser encontrada em tudo, até onde você menos espera, no meu caso, no meio ambiente. Isso também o que mais gostei, usar a Matemática, a Física e a pesquisa para ver ele [protótipo] funcionar no final [ENTREVISTA].*

Para A7G3, o “*isso que me passa*”, tem também no *isso* o mesmo acontecimento semelhante ao de A2G1, que é o desenvolvimento de um projeto, diferenciando o tipo de projeto e o que passou em A7G3(*me*) deixou a cicatriz (*passar*), que foi a relação da Modelagem Matemática com a imaginação criadora, a qual conectou em ação a Modelagem Matemática e a Informática pela pesquisa para criar um protótipo que funcionasse no final do processo. Modelagem Matemática, porque ela assume a Matemática como linguagem para estudos de problemas reais, a qual proporciona aos sujeitos uma qualidade de imaginação criadora. Qualidade, pois além ler e interpretar a realidade, possibilita transformá-la (BIEMBENGUT e HEIN, 2000; ZORZAN, 2007). Sobre a imaginação criadora, Vygotsky (1990) diz que

[...] a imaginação como a base de toda atividade criadora se manifesta igualmente em todos os aspectos da vida cultural possibilitando a criação artística, científica e técnica. Neste sentido, absolutamente tudo o que nos rodeia foi criado pela mão do homem,

todo o mundo da cultura, o que tem de diferente no mundo da natureza, tudo isso é produto da imaginação (VYGOTSKY, 1990, p. 10, tradução nossa<sup>16</sup>).

Pelos dizeres desses autores, observamos que a Modelagem Matemática tem a qualidade de imaginação criadora, mas no processo de ir e vir da produção, ela dá à imaginação criadora a qualidade de curiosidade epistemológica (curiosidade científica, metódica e rigorosa) (FREIRE, 2011), essa relação faz parte da práxis criadora. A partir dessa análise podemos afirmar que A7G3 foi marcado pela fase de *Design* e Simulação do protótipo, pois o gosto de A7G3 está em “*usar a Matemática, a Física e a pesquisa para ver ele [protótipo] funcionar no final*”. Para sua companheira de grupo, A9G3, o projeto significou:

*Uma experiência incrível, que enquanto eu puder continuar, continuarei para que nosso projeto seja cada vez mais aprimorado e vá ainda mais longe. Nunca imaginei que eu e meu grupo fôssemos capazes de fazer tudo isso. Me sinto mais confiante. Queremos, para o próximo ano, focar mais ainda nas pesquisas para que tenhamos dados específicos. Como por exemplo, os intervalos de tempo, fazer pesquisas para saber quanto tempo exato o chuveiro ficará ligado, e quanto tempo ficará desligado, para cada tipo de cabo [ENTREVISTA].*

A experiência que se mostra em A9G3, no final, é da pesquisa na fase de Simulação, pois experimenta e modifica a criação, nesse sentido, a experiência de pesquisa é, segundo Demo (2015),

Pesquisa é reconstruir- surge a produção própria de conhecimento, uma reconstrução que, para ser coerente, pode interminavelmente ser arguida; o processo reconstrutivo admite muitos relevos, empírico, teórico, prático, metodológico, implicando contraproposta naturalmente aberta [...] a ciência não produz resultados [...] finais, nem mesmo em matemática [...], porque nenhuma área do conhecimento apresenta-se completa. Ciência é mais propriamente um modo imperecível de desconstruir – no processo desconstrutivo surgem momentos de reconstrução, cuja longevidade é provisória, dentro de um renascer perene (DEMO, 2015, p.38-39).

Os dizeres de A9G3, apoiado sobre os ombros de Demo (2015), evocam projetos não para um evento, mas sim projetos de uma etapa da vida, no caso de A9G3, a etapa do ensino médio profissionalizante. Para A9G3, a autoria exige uma continuação, uma desconstrução para reconstrução que atenda às novas necessidades que o sujeito deseja. Outra entrevista que chamou nossa atenção foi a de A4G2, ele diz que o projeto

---

<sup>16</sup> (...) La imaginación, como base de toda actividad creadora, se manifiesta por igual en todos los aspectos de la vida cultural posibilitando la creación artística, científica y técnica. En este sentido, absolutamente todo lo que nos rodea y ha sido creado por la mano del hombre, todo el mundo de la cultura, a diferencia del mundo de la naturaleza, todo ello es producto de la imaginación. (VYGOTSKY, 1990, p. 10)

*Foi algo extremamente importante, isso me fez ver como é um trabalho de equipe, seus pontos altos e baixos, sem contar as inúmeras conquistas que obtivemos com nosso trabalho, nunca imaginei conquistar tantos prêmios como temos hoje. Esse projeto mudou minha vida, pois antes dele eu era um simples aluno apagado, agora com tantas conquistas, sou mais confiante comigo mesmo. Gostei muito de pensar e ver o experimento funcionando, mas a parte de programação não deu muito certo para mim [ENTREVISTA].*

A experiência de A4G2 se mostra no empoderamento individual e social, das etapas de *Design* e Simulação do protótipo. Esse empoderamento transformador está em sair da condição de *aluno apagado* para aluno *mais confiante comigo mesmo*. Acreditamos que essa fala é a que melhor representa a necessidade de sair da sala de aula, desenvolver um projeto e divulgá-lo nos eventos. Como mostram os dizeres de A4G2 e outros acima, na interação com outros sujeitos, de outras escolas, de outra comunidade, o aluno “apagado” tem a oportunidade de se destacar e se sentir importante no processo educativo. Obviamente devemos ter o cuidado para que o oprimido empoderado não se transforme no opressor, sabendo que aprender como autor não é para

[...] abalar o mundo científico; espera-se dela que exerçite método científico, experimentações, análise formal, linguagem adequada, como via áurea de formação mais profunda e promissora [...] o resultado mais esperado não é produção científica exemplar, mas melhor formação, um objetivo geral alcançado com certa convicção [...] (DEMO, 2015, p.39)

Acreditamos que a melhora na formação está no fato de que o aprender como autor busca acima de tudo a valorização da curiosidade do sujeito. Diremos mais, olhando para os escritos de Freire (2011a) e Demo (2011); o questionamento reconstrutivo, condição primordial da pesquisa, busca não só valorizar a curiosidade, mas, também, fazer uma evolução da curiosidade do sujeito. A ação da pesquisa pega uma curiosidade ingênua, que “está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodicamente rigorosa do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica. Muda de qualidade mas não de essência” (FREIRE, 2011, p. 377-379 Kindle).

Essa passagem de uma curiosidade à outra, como vimos acima, deixa marcas, feridas, cicatrizes que fixam na memória os acontecimentos que ocorreram em nossa vida, a isso nos referimos como “experiência”, no sentido trabalhado pelo filósofo Jorge Larrosa. Larrosa (2011) esclarece que a experiência

[...] supõe, em primeiro lugar, um **acontecimento** ou, dito de outro modo, o passar de algo que não sou eu. E “algo que não sou eu” significa também algo que não depende de mim, que não é uma projeção de mim mesmo, que não é resultado de minhas palavras, nem de minhas ideias, nem de minhas representações, nem de meus

sentimentos, nem de meus projetos, nem de minhas intenções, que não depende nem do meu saber, nem de meu poder, nem de minha vontade. “Que não sou eu” significa que é “outra coisa que eu”, outra coisa do que aquilo que eu digo, do que aquilo que eu sei, do que aquilo que eu sinto, do que aquilo que eu penso, do que eu antecipo, do que eu posso, do que eu quero (LARROSA, 2011, p. 5, grifos nossos).

A partir das afirmações acima, podemos dizer que as ideias de Larrosa trabalham com dois termos chaves: o primeiro, o “acontecimento”, do qual faço parte, mas não é meu projeto, meu querer. Esse “acontecimento”, o autor diz que pode ser entendido como três princípios. Se o chamamos de “princípio de exterioridade” é porque fatos acontecem “exterior a mim, estrangeiro a mim, estranho a mim, que está fora de mim mesmo” (LARROSA, 2011, p. 6). Se chamamos o “acontecimento” de “princípio de alienação” é porque o fato está alheio a mim, “não pode ser de minha propriedade” (LARROSA, 2011, p. 6). Por fim, se o chamamos de “princípio de alteridade” é “porque isso que me passa tem que ser outra coisa que eu. Não outro eu, ou outro como eu, mas outra coisa que eu” (LARROSA, 2011, p. 6).

Esses escritos nos fazem dizer que, quando um acontecimento está em mim, está “em minhas ideias, ou em minhas representações, ou em meus sentimentos, ou em meus projetos, ou em minhas intenções, ou em meu saber, ou em meu poder, ou em minha vontade) **onde se dá a experiência**” (LARROSA, 2011, p. 6, grifos nossos). O autor afirma que isso pode ser chamado de “princípio de subjetividade” “é porque o lugar da experiência é o sujeito ou, dito de outro modo, que a experiência é sempre subjetiva” (LARROSA, 2011, p. 7). A mudança de acontecimento para experiência pode ser chamada, também, de “princípio de reflexividade” porque “a experiência é um movimento de ida e volta” (LARROSA, 2011, p. 7). Movimento de ida ao exterior, ao que acontece, e movimento de volta, pois o acontecimento nos afeta, nos modifica. Por fim, pode, ainda, ser chamado de “princípio de transformação” porque a experiência torna o sujeito sensível, vulnerável e ex/posto, e esse sujeito está aberto à sua própria transformação (LARROSA, 2011). A experiência é, ainda, uma aventura que tem algo de incerto, um risco, um perigo, pois é uma passagem, um percurso. A isso, o autor chama de “princípio de passagem” porque

o sujeito da experiência é como um território de passagem, como uma superfície de sensibilidade em que algo passa e que “isso que me passa”, **ao passar por mim ou em mim, deixa uma vestígio, uma marca, um rastro, uma ferida**. Daí que o sujeito da experiência não seja, em princípio, um sujeito ativo, um agente de sua própria experiência, mas um sujeito paciente, passional. Ou, dito de outra maneira, a experiência não se faz, mas se padece. A este segundo sentido do passar de “isso que me passa” poderíamos chamar de “**princípio de paixão**” (LARROSA, 2011, p. 5, grifos nossos).

Temos várias dimensões da experiência que o autor resume em uma proposição: *a experiência é “isso que me passa”*. Explica Larrosa (2011) que *isso* é o acontecimento no qual está o princípio da exterioridade, alteridade e alienação. Já o *me* tem a ver com quem dá experiência, ou seja, o sujeito. No *me* está o princípio da reflexividade, subjetividade e transformação. Na passagem do acontecimento à experiência, no sujeito, deixando uma marca, uma ferida, está o *passar*, movimento próprio da experiência que rege o princípio da passagem e paixão. É por tudo isso que *a experiência é “isso que me passa”*.

A experiência, nesse sentido, mostrou que as marcas que ficaram e que conseguimos perceber foram: o empoderamento, imaginação criadora, a relação entre informática e trabalho coletivo, experiências dos saberes matemáticos, a experiência de uma práxis criadora e a experiência da pesquisa. Experiências com base na interação, mediada pela *internet* de uma rede local de autoria a uma rede global Arduino, fizeram os grupos produzirem suas tecnologias para economia de água. Essa forma de produção derivada de rede de computadores que compartilham suas práticas e seus saberes, na qual cada sujeito, com seu computador, faz o papel de consumidor e produtor de conteúdo digital, fez surgir, em alguns sujeitos dos grupos, uma forma característica de produção entre pares, um novo modo de produção. Para Bauwens (2016), essa nova dinâmica produtiva pode ser denominada de modelo de produção *peer to peer* (P2P), par a par (em tradução livre) ou produção entre pares. O termo “pares”, nesse contexto, significa que qualquer pessoa pode interagir no processo, mas segundo Gutiérrez (2013, p. 1) “pares não competem, cooperam”.

Na produção P2P, os criadores coletivamente produzem mercadorias através de participação voluntária em um sistema de produção em rede distribuída. Os voluntários escolhem as tarefas que realizam; a quantidade de tempo que gastam na produção coletiva; o lugar e a hora de sua atividade produtiva. Em termos de distribuição, qualquer um no mundo pode usar os produtos gratuitamente de acordo com suas necessidades, independentemente de sua contribuição (Benkler, 2006). Este modo de produção é bastante similar ao que Marx (1978a, 1978b) descreveu como o comunismo avançado. Entretanto, também há sido chamado de cibercomunismo (RIGI, 2012, p. 1).

O P2P é uma forma cooperativa de produção das redes que tendem a ser distribuídas. Uma produção entre pares em que “a energia criativa de um grande número de pessoas é coordenada (geralmente com a ajuda da *internet*) em projetos [...] sem organização hierárquica tradicional ou compensação financeira” (LIMA, 2014, p. i). É a política das redes, das interações entre “pessoas que hoje não são os protagonistas econômicos e sociais” (LIMA, 2014, p. i), mas que têm, na Cultura Digital, a “possibilidade de construir, a partir dessas interações, o fortalecimento dos indivíduos, permitindo que cada um se integre socialmente e

constitua o pertencimento a grupos em uma relação que não seja mera subordinação” (LIMA, 2014, p. i).

Segundo Bauwens (2016), o modo de produção P2P é novo, pois cria um novo tipo de propriedade. Para ele, antes da Cultura Digital existiam dois tipos de propriedade na sociedade: a propriedade privada e a propriedade pública (do Estado). Mas, hoje, há um terceiro tipo, diferente das duas anteriores: é a propriedade *Commons* (comunitária), um “modo de propriedade distribuída ou entre pares” (BAUWENS, 2016, p. 2). É um regime de propriedade comum, na qual seu valor de uso está dirigido a uma comunidade de consumidores-produtores. Regime que, pela cooperação, amplia nossa capacidade de criar. Essa propriedade, então, não é privada nem pública, é comunitária (*commons*); serve a quem tem a necessidade de tal propriedade e, nisso, está a máxima do P2P: “cada um contribui de acordo com as suas capacidades e vontade e cada um retira de acordo com as suas necessidades” (BAUWENS, 2016, p. 5). A partir de tais dizeres, pode-se afirmar que a “[...] ideia da rede que se adensa, do P2P, e do compartilhamento, cria um commons [propriedade], uma riqueza que viabiliza e permite aos indivíduos resistirem e se rebelarem e, quem sabe, reverterem situações de subordinação” (LIMA, 2014, p. i e ii).

Reverter situações de subordinação é buscar a transformação social. Os escritos de Webster (2006) e Lombardi (2011) apontam que a transformação social se dá a partir do momento em que há alteração do modo de produção, pois, como já foi dito, a categoria modo de produção é central para a explicação da própria existência humana. Observa-se que, hoje, há uma necessidade, humana e histórica, não em criar condições de consumo, mas, sim, em criar condições de produção: de dados, de informações, de conhecimento e de soluções tecnológicas, em outras palavras, “existe um grande equívoco em pensar de modo reduzido a criar condições de consumo, quando é preciso criar condições de produção das formas plurais de existência” (LIMA, 2014, p. i).

Criar condições de produção é estabelecer a partir do novo modo de produção uma nova estrutura de aprendizagem. Uma estrutura que busca unir aprendizagem, pesquisa e ação em torno de projetos comunitários. São exemplos os projetos comunitários: *Mozilla*, *WikiSpeed*, *Arduino*, *Geogebra*, etc. que geram não só produtos, mas há, também, investigações antes, durante e depois do que foi produzido. É um aprender que se estende para o viver, viver pela pesquisa (UGARTE, 2016).

Desse ponto de vista, segundo Ugarte (2016), criam-se “escolas de bens *commons* (comunitários)”, que não são as escolas formais, são associações, cooperativas, oficinas, etc., mas que estimulam uma pesquisa de conhecimento livre na teoria geral e na ciência básica.

“Escolas” em que os materiais pedagógicos são produzidos por grupos de trabalho especializados e, os grupos locais de aprendizagem usam o material produzido para aprender e, em seguida, tornarem-se grupos locais de produção, além de ativistas de uma cultura local P2P. Mas, a nossa “questão não é acabar com escola, é mudá-la completamente, é radicalmente fazer que nasça dela um novo ser tão atual quanto a tecnologia. Eu continuo lutando no sentido de pôr a escola à altura do seu tempo. E pôr a escola à altura do seu tempo não é soterrá-la, mas refazê-la” (FREIRE & PAPERT, 1996, p. 1). Assim, a aprendizagem P2P que advogamos, aqui, foi uma prática educacional na qual nossos grupos interagiram com as comunidades de trabalho especializados de projetos comunitários que envolviam a tecnologia Arduino. Foi esse mundo que começamos a ler. Nesse sentido P2P de ser, a participante A2G1 constata que:

[...] o nosso projeto me ensinou como é possível desenvolver projetos em uma área que você não domina e a importância da ajuda mútua [ENTREVISTA].

Dizeres que corroboram a defesa de que o modo de produção e aprendizagem P2P se pauta no “trabalho coletivo, além de possibilitar a produção de saberes necessários para o desenvolvimento do ensino com pesquisa, possibilita também a criação de uma “cultura favorável” [...] para enfrentar diferentes tipos de desafios [...]. (SOUZA JÚNIOR, 2001, p. 11).

Nessa aprendizagem P2P, em que há um processo de pessoas querendo fazer coisas, o conhecimento é uma ação transformadora do humano, algo a ser construído na coletividade, o qual se fez, nessa pesquisa, com informações que buscamos nos bancos de dados em um movimento de transformar curiosidades espontâneas em curiosidades epistemológicas. De acordo com Freire (2011a, p. 81), o conhecimento só existe “na invenção, na reinvenção, na busca inquieta, impaciente, permanente, que os homens fazem no mundo, com o mundo e com os outros. Busca esperançosa também”. Abaixo, mostramos os modelos matemáticos aprendidos e o que, a partir deles, foi produzido.

### **5. 3 O Processo de Produção de Protótipos**

Após argumentarmos sobre o todo, o global da produção dos protótipos pelos grupos pesquisados, discutiremos as partes, o local da produção do Regador Automático, da Descarga Digital e do Chuveiro Inteligente. A essas partes chamamos de fluência científica. Fluência que partiu do desenvolvimento de uma desenvoltura teórica, comum a todos os grupos, na qual buscamos mostrar os modelos matemáticos que os grupos produziram e usaram para adentrar

no mundo eletrônico do Arduino, que denominamos de “A Modelagem Matemática da Eletrônica”. Depois desse início, comum, dos grupos à Ciência e Matemática dos componentes eletrônicos, discutimos a desenvoltura teórica da produção de cada grupo e a separamos de acordo com três etapas de produção: *Design*, Implementação e Simulação, os quais chamamos, por se tratar da construção da fluência científica, de: “A Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo”, “A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo” e “A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo”, respectivamente.

É importante salientar que, mesmo com uma rede construída e livros sobre o assunto, ainda assim, navegávamos por mares nunca antes navegados, uma vez que nenhum componente de nosso grupo era um profundo conhecedor de eletrônica ou das engenharias ou ciências computacionais. Como disse Nicolini e Moraes (2004), movíamos “na insegurança; pois com a pesquisa estaremos nos arriscando ensinar o que não sabemos”. Poderás, ainda, indagar: onde está a pesquisa na *práxis criadora*? Respondemos que, para nós, está tanto na ação de projetar como na “capacidade de encontrar caminhos para realizar o que projetamos” (NICOLINI e MORAES, 2004, p. 2).

Tais afirmações nos levam ao paradigma apresentado por Demo (2001 e 2006) em que, na pesquisa como princípio educativo, tanto professor quanto aluno estão em um esforço comum em aprender; ora com os mesmos papéis (ambos aprendem), ora em papéis distintos (um orienta, outro aprende), mas ambos no trabalho de aprender possibilidades de realizar seus projetos. Desse ponto de vista, o pesquisador é sobretudo “quem nunca desiste de questionar a realidade [...]. O mais interessante é o questionamento criativo, constante e processual” (DEMO, 2006). O espírito científico-tecnológico desses discursos é: com criticidade faça algo acontecer! (EVANS, NOBLE E HOCHENBAUM, 2013; FREIRE, 2011a). E para fazer algo acontecer é necessário ler o mundo, mas compreendemos que ler o mundo é fazer Modelagem Matemática na qualidade de educar pela pesquisa.

No campo da Modelagem Matemática, o questionamento inicial se faz com o sujeito que está inserido no problema real. Há um interlocutor que nos permite conhecer a situação-problema (MEYER e SOSSAE, 2006). Em todas as indagações, nossos interlocutores (pessoas com saberes acumulados sobre assunto) foi a interação em nossa rede local de autoria, bem como na rede global Arduino. Assim, nossa primeira prática educativa foi nos familiarizarmos com a ação de ligar um Díodo Emissor de Luz (LED) no Arduino. Partimos do questionamento: como ligar e desligar um LED no Arduino? Essa pergunta gerou outras: o que é um LED? Precisa-se de Matemática para ligar um LED?

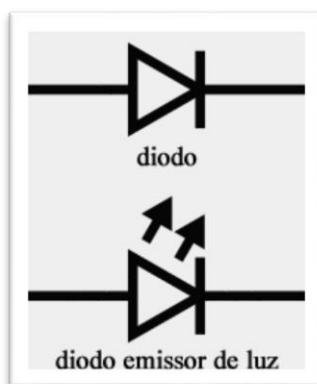
### 5.3.1 A Modelagem Matemática da Eletrônica

Existem diversas formas para se iniciar no mundo da eletrônica do Arduino, mas observando os trabalhos de McRoberts (2011), Monk (2014) e Evans, Noble e Hochenbaum (2013), a introdução ao Arduino e ao mundo da eletrônica se faz com um pequeno projeto que é ligar um LED ao Arduino. Na rede global Arduino dos grupos, o que melhor explica o que é LED é o site Sparkfun. Segundo Sparkfun (2015a), os LEDs são um tipo particular de diodo que converte energia elétrica em luz e, por isso, significa "Light Emitting Diode" (Díodo Emissor de Luz). Para McRoberts (2011, p.49), LED

[...] significa "Light Emitting Diode" (Díodo Emissor de Luz). Um diodo é um dispositivo que permite o fluxo de corrente em apenas uma direção; é como uma válvula em um sistema de distribuição de água, mas nesse caso ele permite o fluxo de corrente elétrica em uma direção. Caso a corrente tente reverter e retornar na direção oposta, o diodo impede que ela o faça. Díodos podem ser úteis para prevenir que alguém conecte accidentalmente a alimentação e o terra aos terminais errados em um circuito, danificando os componentes (MCROBERTS, 2011, p.49)

Dos conceitos que nossos grupos encontraram, esses eram os mais completos, em nossa opinião. Essa introdução ocorreu em reuniões em que todo os grupos participavam. Descobrimos, ainda, que no mundo da eletrônica há modelos gráficos ou simbólicos que representam cada componente eletrônico em um possível esboço simbólico teórico. Para os LEDs, segundo Sparkfun (2015a), o símbolo esquemático é muito próximo do símbolo de um diodo, os quais mostramos na Figura 22.

Figura 22 – Modelo simbólico de diodo e LED

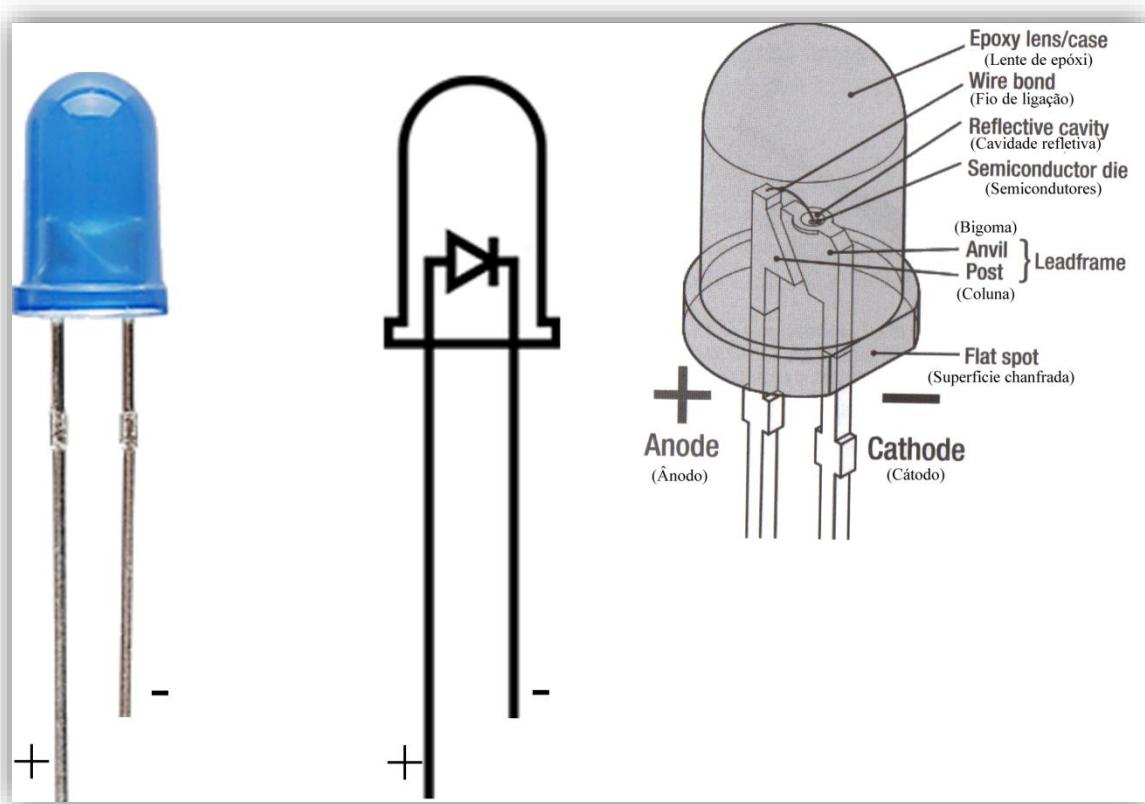


Fonte: adaptado de Sparkfun (2015a)

Outra indagação importante é como usar um LED? Segundo Sparkfun (2015a), há três regras básicas ao usá-lo:

1. Identificar a polaridade: Os LEDs só permitem que a corrente flua em uma direção, do lado positivo (ânodo), “perna” mais longa do LED, para o lado negativo (cátodo), “perna” mais curta do LED (SPARKFUN, 2015a), veja Figura 23.
2. Mais corrente igual a mais brilho: O brilho do LED depende de quanta corrente ele consome. Isso tem dois significados. O primeiro é que LEDs com super brilho drenam as baterias mais rapidamente. A segunda é que se pode controlar o brilho de um LED ao controlar a quantidade de corrente que ele consome (SPARKFUN, 2015a).
3. Limitar a quantidade de corrente: Se ligado diretamente a uma Fonte de energia, o LED tentará dissipar toda energia em brilho, o que fará com que ele fique preendentemente danificado. Para evitar isso, é importante limitar a quantidade de corrente que flui pelo LED com um resistor (SPARKFUN, 2015a).

Figura 23 – Modelo simbólico de diodo e LED



Fonte: adaptado de Sparkfun (2015a) e Mcroborts (2011)

Observa-se que para ligar um LED, sem correr o risco de danificá-lo, é necessário colocar um resistor. Nesse ponto, alguns participantes já tinham procurado o professor de Física, o qual os enviou à biblioteca do IFTM para que buscassem informações em um livro

sobre o estudo da eletricidade na Física, encontraram “Os Fundamentos da Física 3 – Eletricidade”.

*[WhatsApp] - A2G1: Deive, eu e a A1G1 estamos aqui na biblioteca, olha os conceitos que encontramos:*

Resistor: “Existem elementos de circuitos cuja função, entre outras, é a de transformar energia elétrica em energia térmica (dissipar energia elétrica) ou limitar a intensidade da corrente elétrica em circuitos eletrônicos. Tais elementos recebem o nome de **resistores**” (NICOLAU, et al, 2007, grifos do autor, p. 116)

*[WhatsApp] - Deive: ele explica o que é circuito ?*

*[WhatsApp] - A2G1: sim, veja*

Círculo: “Denominamos círculo elétrico o conjunto de aparelhos com os quais se pode estabelecer uma **corrente elétrica**”. Ele pode estar fechado ou aberto. Fechado é quando o círculo é quando passa corrente elétrica e Aberto quando interrompe essa corrente”( NICOLAU, et al., 2007, p. 102, grifos do autor)

*[WhatsApp] - Deive: e o que é corrente elétrica ?*

*[WhatsApp] - A2G1: vishh, pera aí ...*

Corrente elétrica: “Corrente elétrica é cargas elétricas em movimento ordenado” ” (NICOLAU, et al., 2007, p. 34). O livro diz que tem ter uma bateria [gerador] que mantém entre os terminais A e B uma diferença de potencial elétrico (ddp) expressa por  $V_A - V_B$ .  $V_A$  é polo positivo da bateria e  $V_B$  é polo negativo. Pera vou te mandar as fotos.

*[WhatsApp] - Deive: Precisa não, leva o livro no nosso encontro para mostrarmos e discutirmos com os outros grupos.*

*[WhatsApp] - A2G1: pode deixar, levo sim.*

No encontro A1G1, A2G1 e A3G1 mostraram o livro e os conceitos que encontraram e compararam o conceito de resistor de McRobertes (2011), que dizia que resistor é um

[...] dispositivo projetado para provocar resistência a uma corrente elétrica, causando queda na voltagem em seus terminais [...]. Você utiliza resistores para diminuir a voltagem ou a corrente para outros dispositivos. O valor da resistência é conhecido em ohm, e seu símbolo é o ômega grego,  $\Omega$ . (MCROBERTS, 2011, p.47).

Concluímos que esse autor falava do resistor enquanto limitador da intensidade da corrente elétrica. Aprendemos, ainda, pelos dizeres de McRoberts (2011) e Nicolau et al. (2007), que nos resistores de limitação de corrente há um modelo matemático que associa cores aos números para determinar o valor da resistência elétrica. A Figura 24 apresenta essa correspondência:

Figura 24 – Código de cores para determinação do valor da resistência elétrica

Cor	Preto	Marrom	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Cinza	Branco
Algarismo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

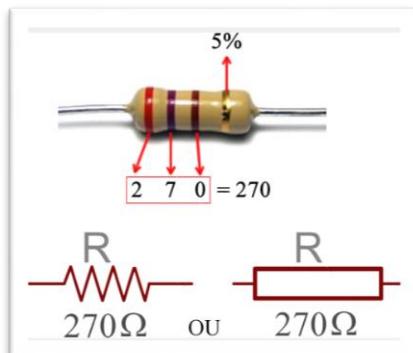
Fonte: Nicolau et al. (2007, p. 135)

Há nos resistores faixas coloridas que devem ser lidas da extremidade para o centro, da seguinte forma:

- 1<sup>a</sup> faixa (próxima da extremidade), “indica o primeiro algarismo da resistência elétrica” (NICOLAU, et al., 2007, p. 135);
- 2<sup>a</sup> faixa, “indica o segundo algarismo do valor da resistência” (NICOLAU, et al., 2007, p. 135);
- 3<sup>a</sup> faixa, “indica o **número de zeros** que devem ser acrescentados à direita dos dois algarismos anteriores” (NICOLAU, et al., 2007, p. 135, grifos do autor);
- 4<sup>a</sup> faixa, indica a “imprecisão ou tolerância do valor da resistência. Se essa 4<sup>a</sup> faixa for prateada, a imprecisão é de 10%; se for dourada, a imprecisão é de 5%. A inexistência da 4<sup>a</sup> faixa pressupõe uma tolerância de 20% do valor da resistência elétrica, para mais ou para menos” (NICOLAU, et al., 2007, p. 135).

Para elucidar tais dizeres, tomemos o resistor da Figura 25, nela observa-se abaixo os dois modelos simbólicos de um resistor. Já acima observamos a execussão do modelo para calcular o valor da resistência elétrica. Como na 1<sup>a</sup> faixa está a cor vermelha que, pela Figura 25, representa 2 como o primeiro algarismo. O segundo algarismo é 7, pois a cor é violeta, logo temos o número 27. Na terceira faixa observa-se que a cor é marrom, isso indica um zero acrescentado à direita de 27, logo, o valor da resistência elétrica é 270 ohms ( $\Omega$ ). Por fim, a 4<sup>a</sup> faixa é dourada, a qual indica 5% de imprecisão para mais ( $283,5 \Omega$ ) ou para menos ( $256,5 \Omega$ )).

Figura 25 – Cálculo da resistência elétrica



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Segundo Sparkfun (2015b), a unidade da resistência elétrica pode ser conceituada como:  $1\Omega$  é a resistência entre dois pontos onde 1 volt (1V) de energia potencial aplicada irá empurrar 1 ampère (1A) de corrente<sup>17</sup>. E segundo Nicolau et al. (2007) essa unidade pode ser calculada como:  $1\Omega = \frac{1V}{1A}$  em que;  $1\Omega$  é a unidade da resistência elétrica; 1 V é a unidade de voltagem que se dá pela diferença de potencial (ddp) e 1 A é a unidade da corrente elétrica. Segundo Nicolau et al. (2007) foi Georg Simon Ohm (1787- 1854) que introduziu o conceito de corrente elétrica e verificou experimentalmente que: “mantida a temperatura constante, o quociente da ddp aplicada pela respectiva intensidade de corrente elétrica resulta em uma curva constante característica do resistor:  $\frac{U}{i} = \frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \dots = \text{constante} = R$ ” (NICOLAU, et al., 2007, p. 117) que, de modo geral tem-se:

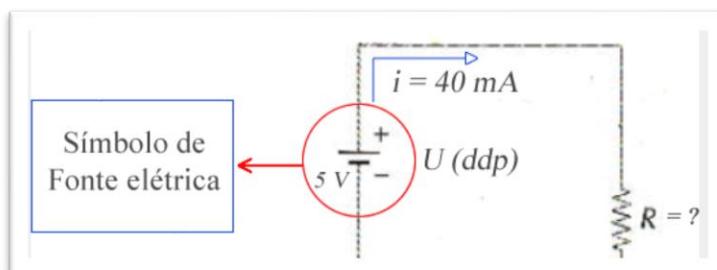
$$R = \frac{U}{i}$$

Esse modelo matemático ficou conhecido como lei de Ohm, que

[...] relaciona a causa do movimento das cargas elétrica (a ddp U) com efeito (passagem da corrente elétrica i), pode ser enunciada da seguinte maneira: O quociente da ddp nos terminais de um resistor pela intensidade de corrente elétrica que o atravessa é constante e igual à resistência do resistor. (NICOLAU, et al., 2007, p. 117)

Para ajudar na compreensão, buscamos exemplificar com o circuito elétrico da Figura 26. O diferencial de potencial (ddp = U) pode se chamar, também, de tensão elétrica, nesse exemplo tem o valor de cinco volts. Note que a intensidade da corrente elétrica, que a partir de agora chamaremos só de corrente elétrica, tem o valor de 40 miliampère (símbolo mA e  $1\text{ mA} = \frac{1}{1000}\text{ A}$ ), ou seja,  $i = 0,04\text{ A}$ .

Figura 26 – Circuito elétrico com Fonte elétrica e resistor



Fonte: adaptado de Nicolau et al. (2007, p. 135)

<sup>17</sup> “The (somewhat roundabout) definition of  $1\Omega$  is the resistance between two points where 1 volt (1V) of applied potential energy will push 1 ampere (1A) of current.” (SPARKFUN, 2015b, p. 1).

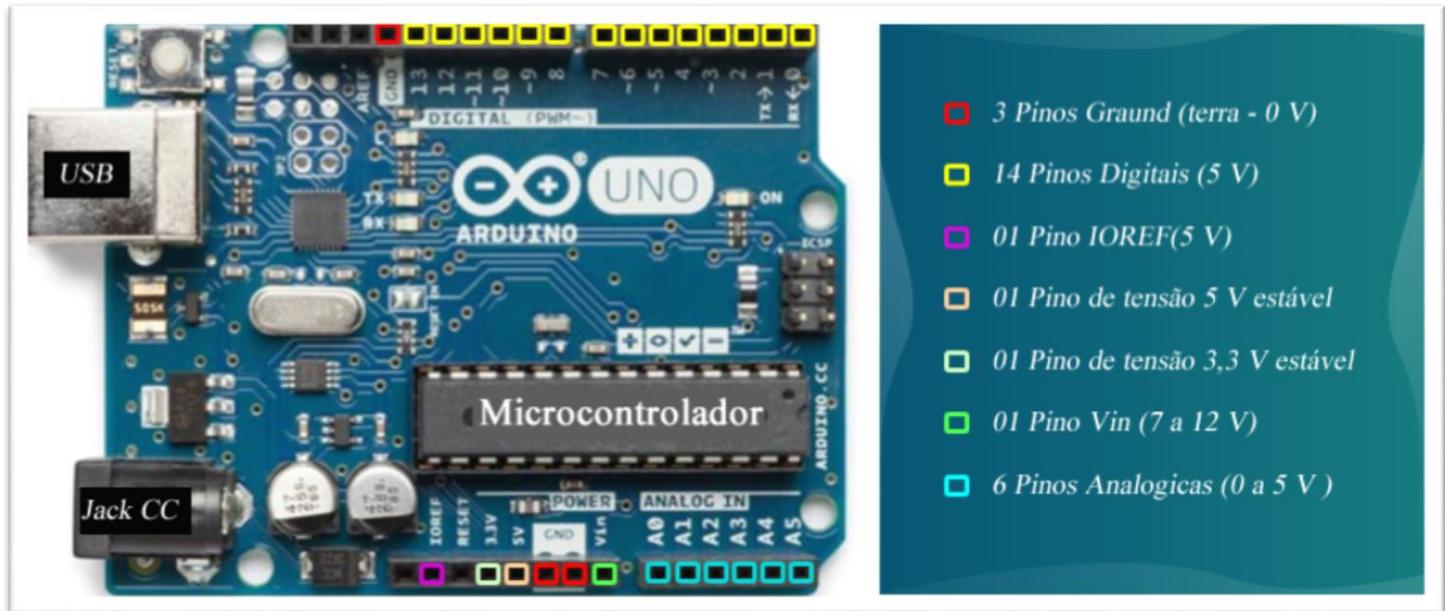
Sabendo os valores de U e i, para encontrarmos o valor do resistor, usar a lei de ohm:

$$R = \frac{U}{i} = \frac{5}{0,04} = 125 \Omega$$

Mas, pela Figura 24, esse valor é impossível de ser encontrado, logo pode-se adquirir o resistor mais próximo, nesse caso, seria 120 ou 130 ohms. Comercialmente encontra-se 120 ou 150 ohms (NOVA ELETRÔNICA, 2016).

Esse modelo diagramático, comungamos ser uma importante fase da construção de nossos protótipos, por isso, nessa prática educativa, ele representa o esboço elétrico de nossos *hardware*. Como queremos ligar e desligar um LED no Arduino, não é necessária uma fonte elétrica externa à placa, contudo se fez necessário conhecer as fontes de elétricas a partir do Arduino, a Figura 27 mostra tais fontes.

Figura 27 – Fontes elétricas a partir do Arduino



Fonte: adaptado de McRoberts (2011) e Arduino (2010...)

A tensão de entrada (limite) no Arduino é 6 a 20 volts (V), entretanto o fabricante recomenda que tal tensão esteja entre 7 a 12 V. Essa plataforma de prototipagem trabalha com corrente contínua (CC ou DC do inglês *direct current*), que é um tipo de corrente elétrica que tem fluxo ordenado de elétrons constante ao longo do tempo. Ela difere da corrente alternada (CA ou AC - do inglês *alternating current*), que é outro tipo de corrente elétrica em que o fluxo de elétrons varia com o tempo (SCHULER, 2013; EMBARCADOS, 2013; ARDUINO.CC, 2016; e MONK, 2014).

Observa-se pela Figura 27 que o Arduino tem um conector USB - *Universal Serial Bus* (“Porta Universal”), tecnologia para transmissão de dados, além de conectar periféricos ao computador sem a necessidade de desligá-lo. O USB pode energizar o Arduino com 5 V. Tem-se, ainda, o soquete (*jack*) CC que é fonte de energia entre 7 a 12 V de corrente contínua (EMBARCADOS, 2013) (ARDUINO.CC, 2016) (MONK, 2014). Energizado, o Arduino pode fornecer as seguintes tensões elétricas:

- Nos três pinos de referência, terras que fornecem 0 volts (EMBARCADOS, 2013);
- Os 14 pinos digitais podem ser “usados como entrada ou saída digitais. Esses Pinos operam em 5V, onde cada pino pode fornecer ou receber uma corrente máxima de 40 mA” (EMBARCADOS, 2013, p. 1), contudo, o fabricante recomenda o fornecimento ou recebimento 20 mA nas operações digitais (ARDUINO.CC, 2016). Esses pinos trabalham com dois valores, quando ajustados para saída, ele é de 0 ou 5 V, “com a tensão 0 sendo “zero” lógico e 5 volts sendo “um” lógico” (EVANS, NOBLE E HOCHENBAUM, 2013, 70);
- O pino IOREF fornece a tensão elétrica com a qual o microcontrolador opera, pode ser selecionado para trabalhar em 5 V ou 3,3 V (ARDUINO.CC, 2016);
- O pino de 5 V fornece uma tensão elétrica de 5 V para alimentação de circuitos externos, independente de como o Arduino foi energizado (EMBARCADOS, 2013);
- O pino de 3,3 V fornece uma tensão elétrica de 3,3 V para alimentação de circuitos externos, independente de como o Arduino foi energizado (EMBARCADOS, 2013). E uma corrente elétrica máxima de 50 mA;
- O pino Vin fornece uma tensão elétrica de 7 a 12 V para alimentar circuitos externos. Essa variação de 7 a 12 volts se dá, pois o pino Vin recebe a mesma tensão elétrica que a Fonte externa que energiza o Arduino no conector *Jack*;
- 6 pinos de entrada analógicas, rotuladas de A0 a A5, cada uma fornecendo 10 bits de resolução (1024 valores diferentes). A partir de 0, que representa 0 volts e 1023, representa 5 volts.

Além das seis entradas analógicas do Arduino UNO, ele pode transformar, ainda, as portas digitais 3, 5, 6, 9, 10 e 11 em pinos de saída analógica, veja a Tabela 2.

Tabela 2– Entrada e Saída dos pinos analógicos

	Entrada Analógica	Saída Analógica
Resolução	10 bits (0 a 1023)	8 bits (0 a 255)
Faixa de tensão	0 a 5 volts	0 a 5 volts
Pinos do Arduino UNO	A0 a A5	Pinos digitais 3, 5, 6, 9, 10 e 11

Fonte: adaptado de Evans, Noble e Hochenbaum (2013, 71)

Para usar os pinos digitais como saídas analógicas, o Arduino usa uma técnica chamada de modulação por largura de pulso, PWM do inglês *Pulse Width Modulation*. Note que a saída analógica trabalha com um conversor Analógico/Digital (A/D) de 8 bits, enquanto a entrada trabalha com um conversor A/D de 10 bits. Segundo Tocci, Widmer e Moss (2011) a resolução, que é a menor voltagem para se ter a saída de um dado, pode ser calculada com a seguinte equação:

$$resolução = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

Em que:  $V_{ref}$  é a tensão de referência do conversor A/D, no Arduino ela pode ser alterada no pino AREF; e  $n$  é o número de bits do conversor. A voltagem de referência do Arduino é 5 V, logo

$$resolução = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} \approx 0,00488 \text{ V}$$

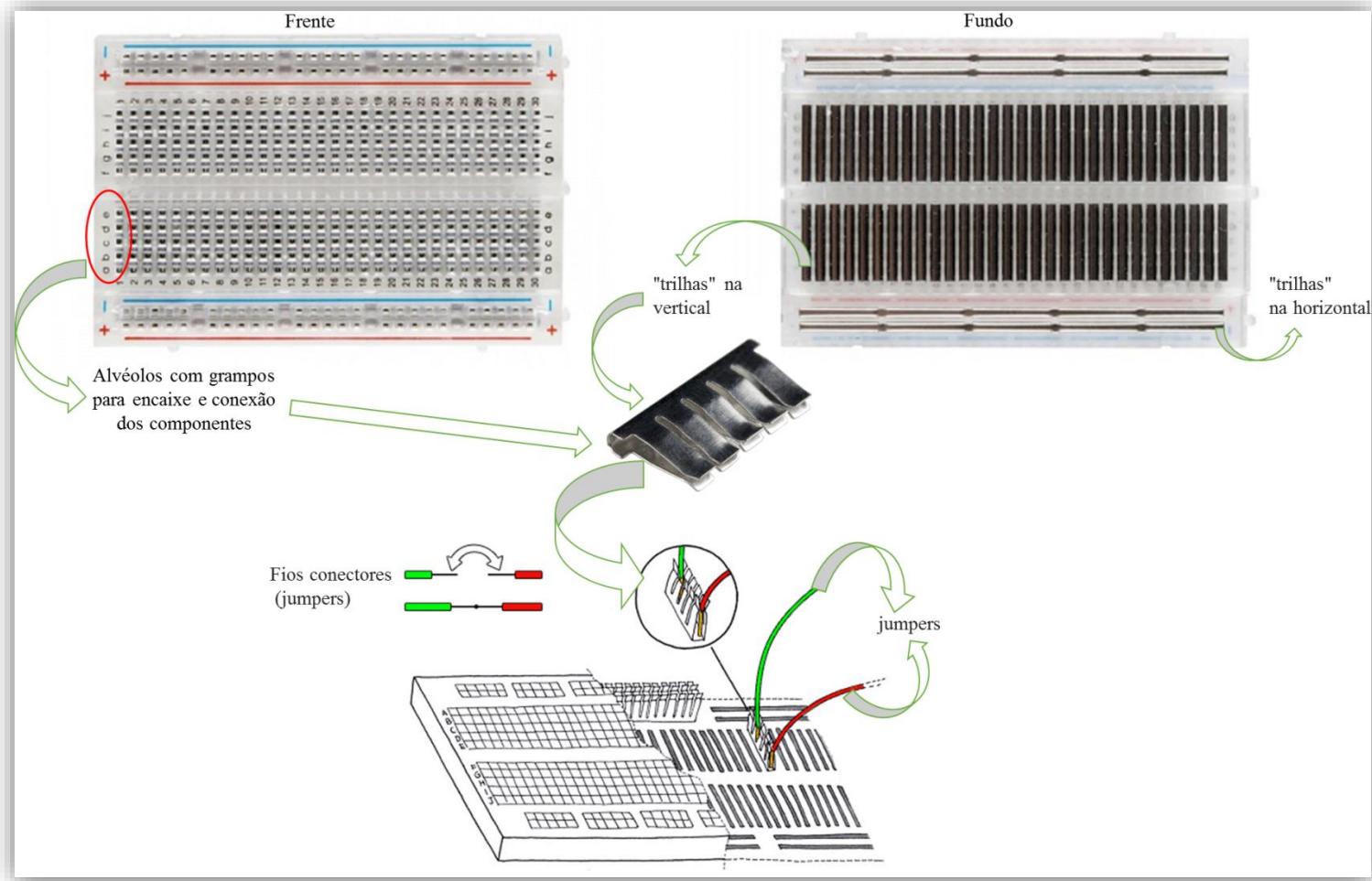
Convertendo para milivolts, teremos:  $0,00488 * 1000 \approx 4,88 \text{ mV}$ . Veja que a resolução é uma escala para tensão/corrente, isso quer dizer que para a entrada de um dado no pino analógico do Arduino se consome 4,88 mV. Por outro lado, na saída analógica dos pinos digitais 3, 5, 6, 9, 10 e 11, teremos a seguinte resolução:

$$resolução = \frac{5}{2^8} = \frac{5}{256} \approx 0,0196 \text{ V}$$

Convertendo para milivolts, teremos:  $0,0196 * 1000 \approx 1,96 \text{ mV}$ .

Falta-nos apresentar a *Breadboards*, que no Brasil pode ser encontrada como *Protoboard*; ou matriz de contato; ou, ainda, placa de ensaio. Essa placa é recomendada ao compreendermos que a prototipagem é o processo de testar uma ideia, criando um modelo preliminar. A placa é ideal quando vamos construir um protótipo e testá-lo. As *Breadboards* podem abrigar tanto um circuito simples como circuitos muito complexos, além disso, quando se está tentando descobrir como uma peça funciona, não se quer soldar as conexões de fios (*jumpers*) cada vez que se modifica um circuito, uma vez que esse não é permanente. Ao testar ideias só se quer conectar os fios e/ou os componentes no Arduino. A Figura 28 nos apresenta como é uma placa de ensaio.

Figura 28 – Placa de Ensaio



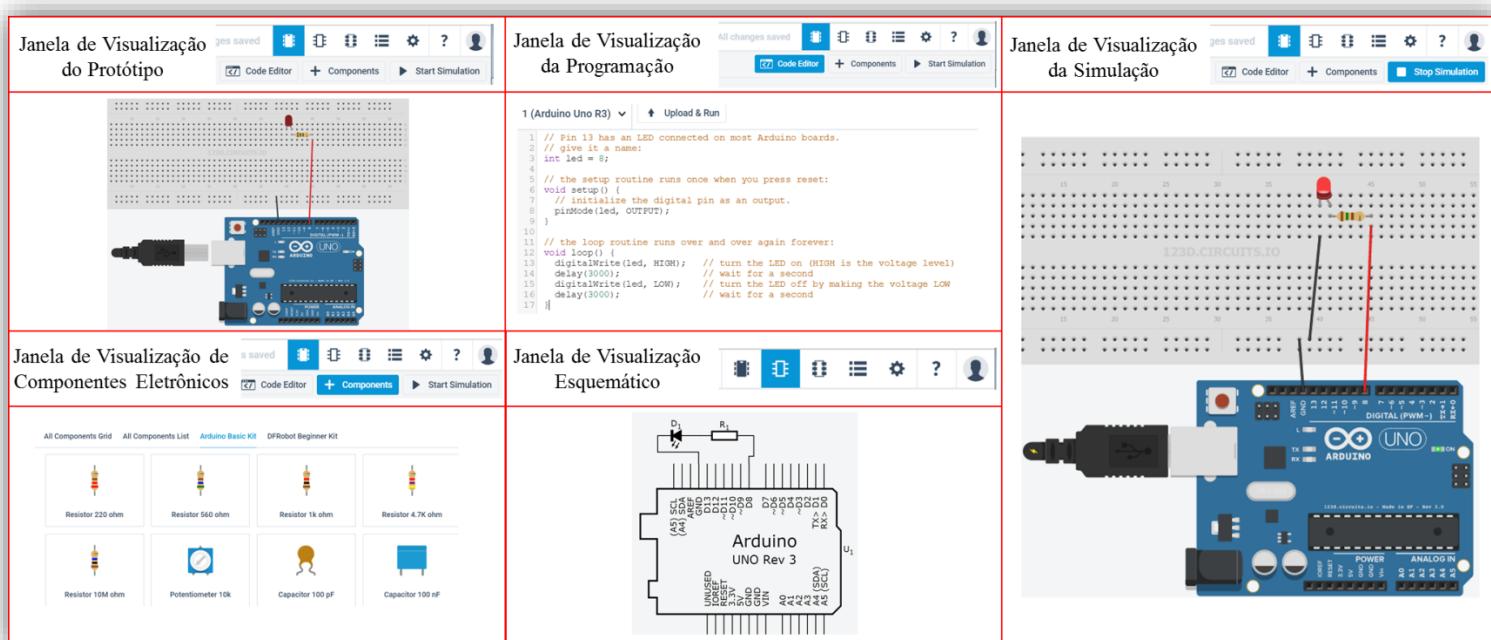
Fonte: adaptado de Mirella (2016) e Sparkfun (2015d)

Essa placa de plástico tem vários furos interligados e a compramos pela quantidade de furos (pinos ou alvéolos), as mais comuns são a de: 830 furos, 400 furos e 170 furos. Esses furos são grampos de metal que permitem a conexão entre o Arduino e outros componentes eletrônicos, de modo fácil e prático. Pela figura, observa-se que os pinos estão dispostos de forma horizontal ou vertical, considerando a posição da Figura 28. Nas “trilhas” horizontais, em geral, colocam-se os cabos de alimentação (bateria), sendo na linha azul o negativo (0 V) e na linha vermelha, o positivo (5 V). Nas “trilhas” verticais, em geral, os alvéolos são separados de cinco em cinco “trilhas” de alimentação, o que indica que qualquer terminal de componente que esteja em mesma “trilha” vertical, está interligado (MIRELLA, 2016; SPARKFUN, 2015d).

Depois de conhecermos os recursos básicos para ligarmos nosso primeiro LED, tínhamos que projetar o circuito. Para projetar o circuito, usamos o simulador Autodesk

*Circuitos*<sup>18</sup>, desenvolvido pela Autodesk, uma empresa de *software* de *design* e de conteúdo digital que criou e comercializa *software* como o AutoCAD (*software* de elaboração de desenho técnico em duas dimensões e criação de modelos tridimensionais) e o 3ds Max (*software* de modelagem, animação e renderização 3D). O Autodesk *Circuitos* é um *software* que simula um laboratório de eletrônica de forma interativa e em tempo real de acesso gratuito. Ele diz ser um ambiente para aprender, de forma fácil, a construção de circuito, programação e Arduino (AUTODESK, 2015). Esse *software* tem a ambição de tornar a construção de *hardwares* eletrônicos acessíveis a qualquer pessoa que necessite projetar protótipos eletrônicos. Ele torna a eletrônica acessível como um material criativo para qualquer um e, assim, fomenta um ecossistema criativo, que permite aos usuários documentar seus protótipos, compartilhá-los com os outros (AUTODESK, 2015). Mostramos na Figura 29 como ficou o projeto de ligar o LED no Arduino.

Figura 29 – Projeto LED no software Autodesk Circuitos



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Para a manipulação de componentes eletrônicos com Arduino o *software* Autodesk *Circuitos* tem cinco janelas interessantes para aqueles que iniciam na ação de imaginar protótipos eletrônicos, são as janelas de visualização: do protótipo, da programação, dos componentes eletrônicos, do modelo esquemático e da simulação. À medida que se constrói o

<sup>18</sup> Disponível em <<https://circuits.io/lab>>, acessado em 10 abr. de 2015.

círculo, usando as janelas de componentes e de protótipo, o programa, automaticamente, vai construindo, na janela Esquemática, o modelo simbólico do círculo elétrico e um pré-código, na janela de programação.

Observa-se que para ligar o LED no Arduino, além do modelo simbólico, há a necessidade de se trabalhar com as medidas de resistência, voltagem e corrente elétrica. Isso se faz com outro tipo de modelo. Essa nova categoria de modelos é chamada por Chwif e Medina (2015) de modelos matemáticos (ou analíticos), os quais:

podem ser identificados como um conjunto de fórmulas matemáticas, como os modelos de programação linear ou os modelos analíticos da Teoria das Filas. Na sua maioria, esses modelos são de natureza estática (o que não é o caso da Teoria das Filas) e não apresentam soluções analíticas para sistemas complexos, devendo-se utilizar hipóteses simplificadoras. Por outro lado, devido à sua natureza, a solução é rápida e exata (quando existe solução analítica) ( CHWIF E MEDINA, 2015, p. 28).

Na construção de círculo elétrico já mostramos a lei (modelo) de Ohm. Mas, em um primeiro momento, pensávamos que era só aplicá-la para descobrirmos o valor do resistor. Então, inicialmente, fomos calcular o resistor. Sabíamos que o Arduino era nosso gerador<sup>19</sup>, ou seja, tinha o papel de fornecer ao círculo 5 V e uma intensidade de corrente de 40 mA, uma vez que iríamos ligar o LED em um pino digital. Desse ponto de vista imaginávamos que era só calcular um resistor que “segurasse” essa voltagem. Logo, fizemos:

$$R = \frac{U}{i} = \frac{5}{0,04} = 125 \Omega$$

Depois fomos verificar nos escritos de McRoberts (2011) e descobrimos que ao calcular o resistor para ligar um LED o modelo matemático de Ohm se modificava para:

$$R = \frac{U_A - U_L}{i_L} \Omega$$

Em que  $R$  é o resistor;  $U_A$  é a voltagem fornecida pelo Arduino (5 V);  $U_L$  é a voltagem consumida pela LED; e  $i_L$  é intensidade da corrente elétrica do LED. Por esse modelo obteríamos a luminosidade máxima do LED. Fomos investigar como descobrir os valores de corrente e voltagem do LED. Descobrimos que os fabricantes de produtos eletrônicos criam uma documentação sobre o produto chamado *datasheet*<sup>20</sup>, no caso do nosso LED, o fabricante dizia que em uma temperatura de 25 graus Celsius o nosso LED teria uma intensidade de corrente elétrica de 20 mA e uma voltagem no intervalo de 1,8 a 2,2 Ω. Mas, Sparkfun (2015a)

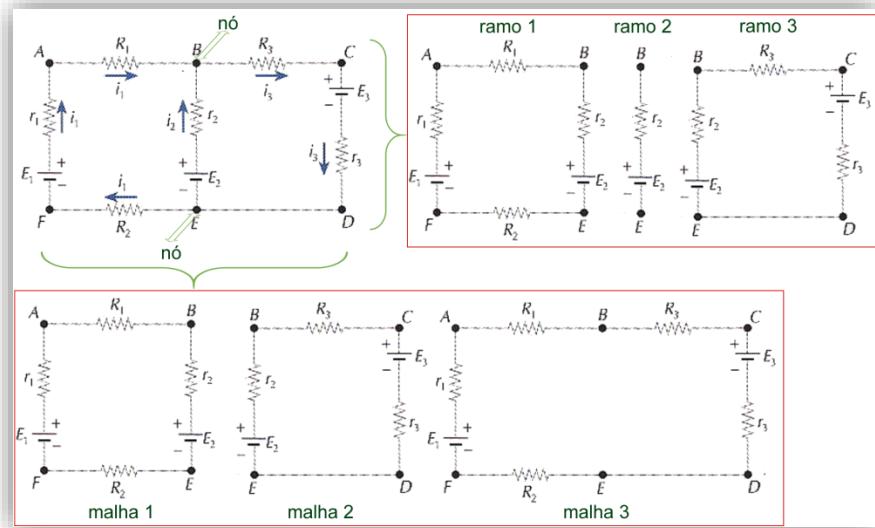
<sup>19</sup> Gerador é componente que mantém entre dois polos uma ddp, uma bateria de carro, por exemplo (NICOLAU, et al., 2007, p. 117).

<sup>20</sup> *Datasheet* é um documento que o fabricante mostra, de forma resumida, todos os dados e características técnicas do produto (MCROBERTS, 2011).

indica na venda do produto, o LED, o uso de uma corrente de 20 mA a 2 V, valores que adotamos como referência.

Por essa investigação compreendemos que sempre é necessário encontrar a intensidade da corrente e a voltagem de cada componente que faz parte de nosso circuito. Para isso, Sparkfun (2015a) faz referência e uso dos modelos de Kirchhoff para encontrar a corrente elétrica ou a voltagem que passa por cada componente do circuito elétrico. Nicolau et al. (2007) explica que as duas leis de Kirchhoff foram criadas por haver circuitos que não podem ser reduzidos a circuito simples. Esses circuitos complexos, nos quais não era possível usar a lei de ohm, motivaram Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) a criar outros modelos matemáticos para que pudesse calcular as intensidades das correntes elétricas e/ou a voltagem. Vamos, antes, apresentar três termos que se usam nos modelos de Kirchhoff, são eles: nó, ramo e malha. Segundo Nicolau et al. (2007, p. 238, grifos do autor), em uma “rede elétrica chama-se **nó** o ponto no qual a corrente elétrica se divide [...]. Os trechos de circuito entre dois nós consecutivos são denominados **ramos**. [...] E] qualquer conjunto de ramos formando um percurso fechado recebe o nome de **malha**”. Observe a Figura 30 dos conceitos criados por Kirchhoff.

Figura 30 – Conceitos criados por Kirchhoff



Fonte: adaptado de Nicolau et al. (2007, p. 238)

Observados os conceitos, vamos aos modelos formulados por Kirchhoff: a primeira lei de Kirchhoff ou lei dos nós (intensidade da corrente elétrica) e a segunda lei de Kirchhoff ou lei das malhas (voltagens). Segundo Nicolau et al. (2007, p. 238), a lei dos nós diz que: "Em um nó, a soma das intensidades de correntes que chegam é igual à soma das intensidades de

corrente que saem". Já a lei das malhas diz que: "Percorrendo-se uma malha num certo sentido, partindo-se e chegando-se ao mesmo ponto, a soma algébrica das ddps é nula" (Nicolau et al., 2007, p. 236), essa lei Sparkfun (2016a) intitula de Lei das Voltagens (*Voltage Law*). Pelo modelo da Voltagem de Kirchhoff teríamos no circuito da Figura 29 que:

$$U_A = U_L + U_R$$

Em que  $U_A$  é voltagem que o Arduino fornece;  $U_L$  a voltagem que o LED consome e  $U_R$  é a voltagem que passa pelo resistor. Assim,

$$5 = 2 + U_R \leftrightarrow U_R = 3 V$$

Sabendo que  $U_R = 3 V$ , basta aplicar a lei de Ohm, em que  $i_L$  seja a intensidade da corrente elétrica do LED, pois é esse que almejamos proteger. Logo, sabendo que  $i_L = 20 \text{ mA}$  ou melhor  $i_L = 0,02 \text{ A}$ , temos;

$$R = \frac{3}{0,02} = 150 \Omega$$

Note, ainda, que no caso de ligar um LED teremos:  $U_R = U_A - U_L$ , substituindo na lei de Ohm, temos:

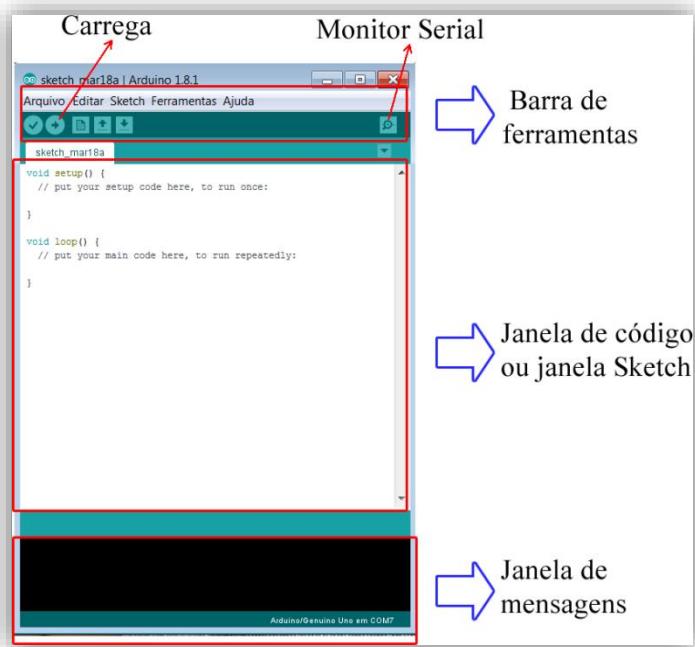
$R = \frac{U_A - U_L}{i_L}$  que é a equação que McRoberts (2011) apresenta, restrito a inclusão de um LED e um resistor no circuito. Essa restrição não acontece se usarmos os modelos de Kirchhoff, para encontrar as correntes ou voltagens de cada componente, e depois aplicarmos a lei de Ohm. Finalmente, sabendo que tínhamos que ter: um resistor de  $150 \Omega$ , um LED de 5 mm, uma *Breadboards*, um Arduino e fios (*jumpers*) para conexão do Arduino com a *Breadboards*, montamos o circuito (*hardware*) do projeto ligar LED.

Nessa prática educativa notamos que há a interação do sujeito com dois tipos de modelos: os modelos simbólicos e os modelos matemáticos. Os modelos de Ohm e Kirchhoff são exemplos dos modelos matemáticos trabalhados por nossos grupos para não queimar o LED que estávamos conectando ao Arduino. Acreditamos que essa ação de imaginar, esquematizar, calcular e fazer o *hardware* do protótipo é o florescer da *práxis criadora* de nossos grupos e, que em uma construção individual, não a teríamos. A essa interação do sujeito com os modelos matemáticos e diagramáticos para projetar a construção de seu *hardware* e *software*, que é a primeira fase de construção de um protótipo, nós chamamos de: **Design do protótipo**. Essa fase nos leva a **cenários para investigação** das coisas de nossa **imaginação criativa**.

O processo de *Design*, geralmente para nós, foi entrelaçada à construção do *hardware* eletrônico e do *software*, em um processo de ida e volta constante o que torna, algumas vezes, difícil a distinção entre as duas etapas, pois as mesmas podem ser realizadas

concomitantemente. O *hardware* Arduino é equipado com um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE - do inglês *Integrated Development Environment*), ambiente em que se criam os programas que dão ação aos *hardwares* construídos, no nosso caso, acender um LED. Atualmente há uma IDE para trabalhos *off-line* e outra, para trabalhos *on-line*<sup>21</sup>, usamos só a versão *off-line*. A Figura 31 apresenta a IDE.

Figura 31 – IDE do Arduino



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Esse ambiente é dividido em três partes: a barra de ferramentas (*Toolbar*) no topo, no centro a janela de código ou *Sketch*, e na base, a janela de mensagens. Para saber mais consulte McRoberts (2011), ou Sparkfun (2015c), ou Monk(2013), ou Evans, Noble e Hochenbaum (2013).

Na *Toolbar* dois destacamos o botão “carregar” que, quando pressionado, verifica se o código não tem erro, em seguida é convertido numa forma que pode ser entendida pelo Arduino que, combinado às bibliotecas padrão do Arduino, são carregados no microcontrolador (Figura 28). O monitor *serial* pode ser configurado para que o Arduino envie ou receba informações do *hardware* criado. Na janela *Sketch* há duas funções ou rotinas padrão: a *setup()* e *loop()*. A primeira é uma função de inicialização, geralmente para configuração inicial do Arduino. Já a segunda fica repetindo até o Arduino ser desligado ou reiniciado. Funções são uma sequência de comandos lidas e executadas, de cima para baixo, pelo Arduino (MONK, 2013) (EVANS,

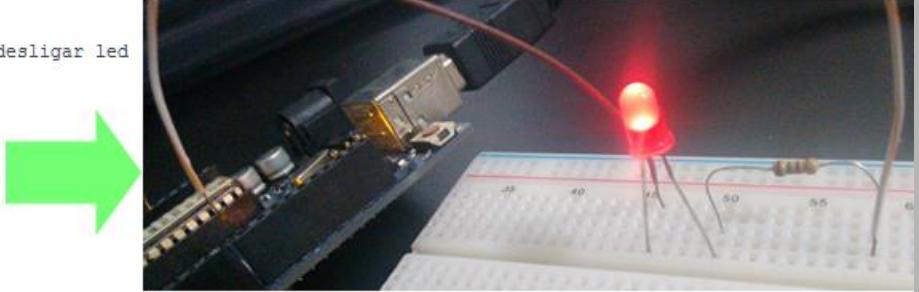
<sup>21</sup> Disponível em <<http://migre.me/wguuY>> acessado em 15 de nov. de 2016.

NOBLE E HOCHENBAUM, 2013). Para o projeto de ligar o LED no Arduino o código é mostrado na Figura 32.

Figura 32 – Programação para ligar LED no Arduino

```

1 //declarar pino para led
2 int led= 8;
3 void setup() {
4   //configurando pino 8 do arduino para ligar/desligar led
5   pinMode(led,OUTPUT);
6
7 }
8
9 void loop() {
10  //ligar o led
11  digitalWrite(led,1);
12  delay(3000);
13  digitalWrite(led,0);
14  delay(3000);
15
16 }
```



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Como esperado, a programação na IDE do Arduino é a mesma do ambiente de simulação da Figura 30. Observa-se que na programação com Arduino, assim como em diversos outros tipos de linguagem de programação, quando se tem escritos que estão após “//”, na mesma linha, ou em múltiplas linhas, mas entre “/\* \*/” tratam-se de comentários e são ignorados pelo Arduino (compilador). Em “int led = 8;”, declararamos uma variável do tipo int, ou seja, números inteiros. Segundo McRoberts (2011, p. 42) “uma variável é um local em que podemos armazenar dados”. Dessa forma, estamos programando o Arduino para uso do pino digital 8 (MCROBERTS, 2011).

Em seguida, temos “void setup(){}” essa escrita indica uma função ou rotina que não retorna nenhum valor, por isso o “void” e que não passa nenhum dado, pois os parênteses estão vazios. A função *setup* é executada logo que o Arduino é ligado e só uma vez, é nela que se configura os pinos do Arduino, segundo McRoberts (2011, p.42) o propósito da função *setup* “é preparar tudo que é necessário para que seu programa funcione antes da execução do loop principal do programa...”. Dentro da função *setup* temos a instrução “pinMod”, ela diz ao Arduino, se o pino digital é de saída (*output*) ou de entrada (*input*), se Arduino recebe ou envia dados. No nosso caso, o pino digital 8 foi definido como saída (MCROBERTS, 2011).

Na escrita “void loop()” temos a principal função do Arduino, que executa continuamente enquanto o Arduino estiver ligado. Desse modo, a instrução “digitalWrite” desliga ou liga o pino digital 8 do Arduino, quando se coloca “LOW” ou 0 (*digitalWrite(led, 0)*) o pino digital 8 fica com 0 volts, já ao colocar-se “HIGH” ou 1 (*digitalWrite(led, 1)*) a instrução

envia 5 volts ao pino 8. Finalmente, a instrução “*delay(3000)*” diz ao Arduino para esperar três segundos (um segundo equivale a 1000 milissegundos) (MCROBERTS, 2011).

Em resumo, tanto no simulador como no real, o nosso *software* diz ao *hardware* que construímos que ligue o LED e espere três segundos, depois, desligue e espere outros três segundos. E, desse modo, repita esse ligar e desligar enquanto o Arduino estiver ligado a uma Fonte de energia. Essa foi uma prática educativa de construção de um *software* para o *hardware* do protótipo por uma linguagem de programação, seja no ambiente de simulação ou na construção real do circuito, acreditamos ser uma outra fase da *práxis criadora*. A fase do desenvolvimento do *hardware* e *software* no mundo real chamamos de: **Implementação do protótipo**. Essa fase nos leva a **cenários para investigação das transições do imaginado com o tangível** no mundo real.

A Figura 32 mostra, ainda, a junção das duas fases, *Design* e Implementação, que é, nesse caso, é o LED funcionando na placa de ensaio. Desse projeto “ligar um LED no Arduino”, que foi desenvolvido com todos os grupos de uma só vez, desafiamos os grupos para que investigassem e desenvolvessem uma customização do projeto anterior. Acreditamos que o funcionamento no mundo físico do LED é um exemplo de outra fase da *práxis criadora*, que é a fase da **Simulação do protótipo**, uma fase que é a funcionalidade do protótipo no mundo real. A fase de Simulação nos leva a **cenários para investigação do comportamento do protótipo no mundo real**.

Esse “projeto de ligar um LED ao Arduino” indica a ação de descoberta de um mundo analógico-digital. Descoberta construída pela ação questionadora dos sujeitos diante de entes eletrônicos, detectando e/ou descobrindo modelos simbólicos e matemáticos de como tensão, corrente elétrica e resistências se relacionam em um circuito. Usamos o termo “descobrir”, pois para os sujeitos deste trabalho criaram-se novos saberes, mas não uma nova realidade. Entretanto, ver-se-á que a partir das descobertas iniciais, feita por eles, passamos a inventar usos novos de tais saberes para, então, criar uma nova realidade, uma invenção da realidade que cada grupo propôs. Abaixo, passamos a discutir a Matemática necessária nas fases de *Design*, Implementação e Simulação do protótipo.

### 5.3.2 A Modelagem Matemática do Design do Protótipo

Nessa parte argumentamos a desenvoltura teórica que cada grupo desenvolveu para perceber e apreender a realidade do mundo que envolve a construção de sua tecnologia. Podemos considerar “A Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo” como estudos de

viabilização para que o Regador Automático, a Descarga Digital e o Chuveiro Inteligente saiam do mundo imaginário e entrem no mundo tangível. São leituras dos mundos das tecnologias criadas que seguem em processo de idas e vindas na “A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo” e também na “A Modelagem Matemática do Ensaio do Protótipo”. Três processos que permitem a cada grupo terem a fluência científica necessária para a produção do Regador, da Descarga e do Chuveiro, tecnologias que almejam economizar água.

O grupo “Árvore da vida-ifm”, para construir seu *robô irrigador*, buscou inspiração em Make (2013), contudo, como o grupo almejava customizar seu projeto, buscou informações em outras configurações de *hardware* para a construção do protótipo. Contribuíram, nesse processo, as aulas em vídeos de Alois (2012) sobre proteção de circuito elétrico. O *hardware* do protótipo *robô irrigador* foi construído em duas partes: construir o sensor de umidade do solo e ligar a bomba d’água. A parte mais difícil de se trabalhar com Arduino, foi com a bomba, pois ela e o Arduino trabalham com correntes elétricas diferentes, o primeiro usa corrente alternada e o segundo, corrente contínua. Além disso, a corrente alternada é perigosa e pode, se usada sem segurança, levar o sujeito a óbito.

Iniciamos a fase de *Design* do grupo “Árvore da vida-ifm” pelo entendimento de dois padrões técnicos de entrega de eletricidade: a corrente alternada (CA - no inglês *alternating current (AC)*) e corrente contínua (CC - no inglês *direct current (DC)*). A primeira serve para transmitir eletricidade a distâncias longas, mas não serve para circuitos digitais. A outra é ideal para circuitos digitais, mas não se consegue transmitir a longas distâncias. Segundo Hewitt (2015), a corrente contínua se refere ao fluxo de cargas em um único sentido, mesmo que a corrente ocorra em pulsos inconstantes, de modo que os elétrons se movimentem em um só sentido, ela é contínua. Já a corrente alternada, como o nome sugere, os elétrons se movem em um sentido e depois no sentido oposto, oscilando em torno de posições fixas, o que é realizado por alternância de polaridade da voltagem de uma Fonte de voltagem. Essa alternância ocorre no Brasil a 60 ciclos por segundos, ou seja, uma frequência de 60 hertz, com uma tensão elétrica de 110 ou 220 volts.

Matematicamente Poppius (2012) explica que, ao se falar em circuitos, há uma grande diferença entre CC e CA, enquanto a tensão elétrica apresenta uma intensidade constante ( $v(t) = K$ ), a tensão gerada por uma Fonte de corrente alternada varia o tempo todo, segundo uma função senoidal:

$$\bullet \quad v(t) = V_{max} \operatorname{sen} (2\pi ft + \theta)$$

Em que:

- $V_{max}$ : é a tensão no máximo da senóide;
- $I_{max}$ : é a corrente no máximo da senóide;
- $f$  (Hz): é a frequência do sinal;
- $t$  (s): é o tempo;
- $\theta$  (rad): é o ângulo que a onda apresenta quando é iniciada em  $t=0$ ;

Outra informação relevante, segundo Poppius (2012, p. 1684-1685-Kindle, grifos do autor) é que o “tempo para uma onda senoidal completar um (1) ciclo é denominado “**Período**” e é representado pela letra (T). [...] Ou seja, o “período é o inverso da frequência”:

$$T = \frac{1}{f}$$

Para uma investigação inicial da tensão elétrica e da corrente elétrica na transmissão alternada Poppius (2012), recomenda que se trabalhe com  $\theta = 0^\circ$ . Desse ponto de vista, temos que os modelos analíticos resultam em:

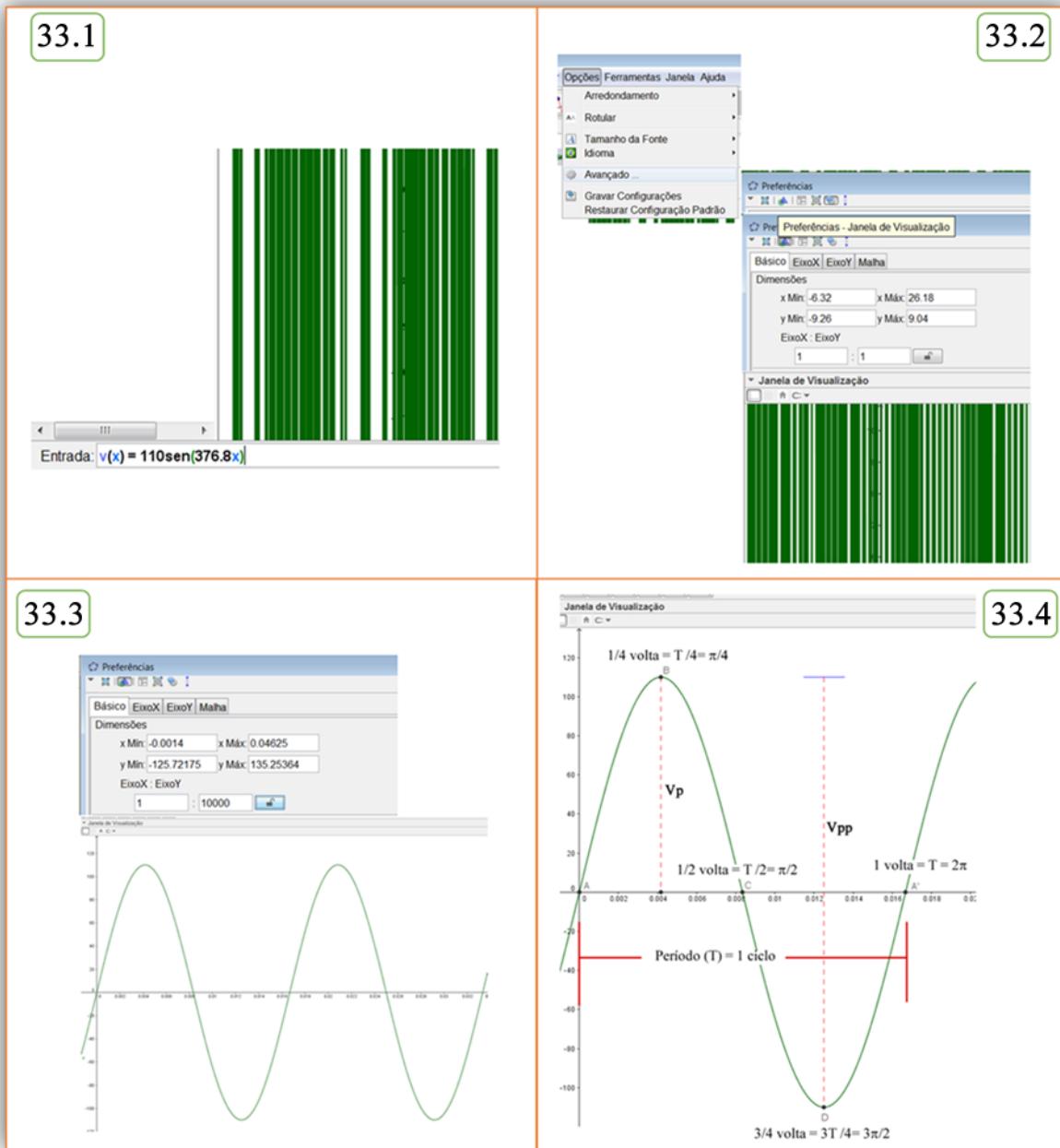
- $v(t) = V_{max} \operatorname{sen}(2\pi ft)$

Tais modelos são relevantes, pois usamos uma bomba d’água “HJM 650 bomba vibratória” de 110 volts e com uma potência elétrica 340 watts. Desse modo, nossa HJM 650 tinha como modelo matemático de tensão elétrica, assumindo  $\pi = 3,14$  a função:

- $v(t) = 110 \operatorname{sen}(376,8t)$

Usamos o *software Geogebra* para ver a tensão elétrica em função do tempo, Figura 33.1, só inserimos no campo de entrada do *software* a função  $v(x)$ , em que  $x = t$ , ou seja,  $v(x) = 110 \operatorname{sen}(376,8x)$

Figura 33 – Gráfico da tensão elétrica em função do tempo



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Um participante disse: - “*no meu não dá para ver nada, está parecendo uma cortina*” (NOTA DE CAMPO). Pedimos, então, que fossem em: Opções e clicassem em Avançado. A janela de preferências do *Geogebra* abriu, como mostra a Figura 33.2. Foi pedido para que colcassem no  $x\text{Min} = -0.0014$ ;  $x\text{Máx} = 0.04625$ ; no  $y\text{Min} = -125.71453$  e  $y\text{Máx} = 135.24642$ , o que gerou algo parecido com a Figura 33.3. O comentário foi: - “agora está parecendo um gráfico” (NOTA DE CAMPO). Na Figura 33.4 fazemos uma síntese da tensão elétrica, no gráfico da senoide, nessa figura temos, segundo Poppius (2012), que:

- $V_p$  é o valor de pico, a máxima tensão elétrica conseguida. No nosso exemplo, esse máximo é conseguido em, aproximadamente, 4,17 milissegundos e seu valor é de 110 volts;
- $V_{pp}$  é valor pico a pico, distância entre o valor máximo (110) e mínimo (-110)
- $T$  é o período, o tempo necessário para a tensão completar um ciclo. Como a frequência é 60 hertz (Hz), temos um período de aproximadamente 0,01667 segundos por ciclo ou, ainda, 16,67 milissegundos por ciclo.

Compreendido que as duas tecnologias (bomba e Arduino) tinham padrões de alimentação elétricos distintos: a corrente alternada e a corrente contínua, precisávamos entender, ainda, de que maneira o Arduino iria detectar e desligar a bomba d'água com a umidade do solo. Isto é, precisávamos buscar mais informações sobre os sensores de umidade do solo.

Segundo Roque (2008), determina-se a umidade do solo em dois métodos: os diretos e os indiretos. Aquele é o mais simples, uma vez que a partir de uma amostra do solo, obtém-se a umidade por meio de pesagens. Com a medida da pesagem se faz a relação entre a massa de água com a massa de sólidos da amostra. Contudo, apesar da simplicidade há uma demora de pelo menos um dia. O outro trabalha com medidas de propriedades do solo condicionados ao teor de água, o que possibilita uma determinação instantânea da umidade do solo (ROQUE, 2008). Entre os métodos indiretos há aqueles que envolvem grandezas elétricas, chamados de métodos eletrométricos, os quais vêm ganhando espaço pela possibilidade de “automatizar tanto aquisição de dados pertinentes as variáveis de interesse (umidade do solo, temperatura, pH, salinidade, etc.) quanto o acionamento de atuadores (válvulas, solenoides, motores, chaves magnéticas) no processo de produção agrícola” (FREITAS, 2011, p. 21). Nos métodos eletrométricos há diversas técnicas para obtenção da umidade do solo:

1. Sensores capacitivos: “técnica que estima a quantidade de água no solo por meio da medida da sua constante dielétrica, medida esta feita através da capacidade entre dois eletrodos implantados no solo” (ROQUE, 2008, p. 10).
2. Sensores de Blocos de Resistência Elétrica: essa técnica “utiliza a variação da resistência elétrica entre um par de eletrodos inserido em blocos construídos de materiais capazes de absorver água como, cimento, argila, fibra de vidro, gesso, nylon, etc.” (MENDES, 2006, p. 21).
3. Sensores eletrotérmicos: a técnica consiste em um bloco de gesso que “terá sua umidade variando conforme com a umidade do solo, buscando o equilíbrio. Por ser a água um melhor condutor térmico que o ar, na medida em que o ar é substituído

por água em um material poroso, as propriedades térmicas neste material se alteram” (MENDES, 2006, p. 23).

4. Sensores de reflectometria no domínio do tempo: a técnica “baseia-se no efeito da umidade do solo sobre a velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas em hastes condutoras envoltas por solo. Este fenômeno se deve a diferença entre as constantes dielétricas da água, do ar e do material sólido no solo” (ROQUE, 2008, p. 12).

Ainda, explica Roque (2008) que a investigação da resistividade elétrica do solo é há muito aplicada aos estudos hidrogeológicos e, com a evolução da eletrônica, passou a ser aplicada em estudos ambientais e agrícolas. A construção de Sensores de Blocos de Resistência Elétrica, que funcionam mediante a resistividade elétrica do solo, é fácil de ser feita (MAKE, 2013). Para a construção desse tipo de sensor de umidade é só usar duas sondas (hastes de material condutor) para passar corrente elétrica através do solo, assim “mais água torna o solo mais condutor de eletricidade (menos resistência), enquanto que o solo seco conduz menos eletricidade (mais resistência)” (VENTRO, p. 1, 2016). O livro “Use a Cabeça! C”, Griffiths e Griffiths (2013), apresenta como construir tal sensor. Segundo esses autores o sensor de umidade pode ser construído usando dois pregos, um resistor de 10 kohm (10000 ohm), alguns *jumpers* (fios) e um Arduino. A construção do circuito está na fase de implementação.

O importante nessa fase foi compreender que o solo é um resistor variável que, à medida que se acrescenta água, facilita a passagem de corrente elétrica. A ideia é, então, capturar a tensão elétrica entre os dois pregos, a qual ficaria dependente de uma variação da resistência do solo, mais água implicaria em uma menor resistência do solo e consequentemente uma maior tensão elétrica obtida no pino analógico do Arduino. A explicação da construção do circuito elétrico está na fase de Implementação, mas em nossa prática elas não aconteceram de formas separadas e, muito menos, foram construídas de forma linear, como apresentamos nesse texto. Ocorreram simultaneamente entrelaçadas em vários processos de idas e vindas. Passamos, agora, à Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo da Descarga Digital.

A produção do “Árvore da vida-ifsm” preocupou-se com a construção de um robô regador, que fizesse a irrigação de plantas autonomamente, a ideia deles era replicar a ação humana de regar plantas. Desse ponto de vista, a preocupação deles não foi a interação do dispositivo criado com as pessoas ou vice-versa. Essa, talvez seja a principal diferenciação para o grupo “Natureza Blue”, os participantes desse grupo almejavam estender a interação das pessoas com suas descargas, ampliando a possibilidade de dar descargas com menores volumes

de água, por isso estavam na rede da Computação Física, uma vez que o foco dessa rede era a construção de sistemas interativos.

Segundo Igoe (2004), os sujeitos que trabalham com a Computação Física precisam, inicialmente, assistir as pessoas no cotidiano para detectar e interpretar suas interações. Desse ponto de vista, o grupo “Natureza Blue” buscou observar a interação de seis pessoas com suas descargas. Advertimos que, ao falarmos interação com suas descargas, ressaltamos que o grupo interagiu de forma assíncrona com os sujeitos que ao longo da história contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia do aparelho sanitário. Desse modo, nos pautamos nos processos de modelagem matemática na fase de interação, a qual, geralmente, se dá pela formulação de perguntas e construção de tabelas que tenham dados que possam representar a realidade estudada (BASSANEZI, 2002; BIEMBENGUT E HEIN, 2000).

Nos dizeres de Biembengut e Hein (2000, p. 13 e 14) “delineada a situação que se pretende estudar, deve ser feito um estudo sobre o assunto de modo indireto (por meio de livros e revistas especializadas, entre outros) ou direto, *in loco* (por meio da experiência em campo, dados experimentais obtidos com especialistas da área)”. Bassanezi (2002) diria que é o momento de medir. Desse ponto de vista, surgiram algumas indagações:

[WhatsApp] PMGMA: Eu, minha esposa e um casal de amigos estamos aqui conversando sobre nosso projeto. Certamente precisaremos de algumas medidas em relação à quantidade de água necessária para eliminar os dejetos sólidos de um sanitário. A pergunta é a seguinte:

[WhatsApp] PMGMA: Quanto de água?

[WhatsApp] PMGMA: Quanto de dejetos?

[WhatsApp] PMGMA: Sugestão que apareceu: Modelarmos com massinha caseira umas 5 porções diferentes de dejetos.

[WhatsApp] PMGMA: E simularmos quanto de água é necessária para eliminá-los.

[WhatsApp] A1G1: Adorei a ideia das massinhas! Mas essas perguntas já fizemos em abril, até anotamos os dejetos, lembra?

Desse contexto, podemos unir os questionamentos de PMGMA da seguinte maneira: “Como será a interação das pessoas com a descarga?” A partir dessa indagação lembramos que, no capítulo anterior, havíamos informado que esse grupo tinha escolhido, para simplificação, trabalhar com sistema caixa de descarga acoplada e com pessoas que tinham em suas residências caixa de descarga com um botão de disparo (botão de acionamento), desprezando os usuários de caixa de descarga com descarga *dual*. Expostas as hipóteses simplificadoras, escolhemos seis pessoas e demos a elas uma tabela com a primeira coluna marcando trinta dias, a segunda marcando os dejetos sólidos e uma terceira coluna marcando os dejetos líquidos, pois a interação de uma pessoa com a tecnologia do aparelho sanitário, nos moldes de nossas hipóteses simplificadoras, é relativamente simples: o sujeito deposita os dejetos, sólidos ou

líquidos, em seguida aciona o botão de disparo para limpar a bacia sanitária, por meio da pressão da água. Segundo Bassanezi (2002, p.46), os dados produzidos “devem ser organizados em tabelas que, além de favorecerem uma análise mais eficiente, podem ser utilizadas para a construção de gráficos das curvas de tendências”. A Figura 33 mostra uma tabela preenchida. O grupo discutiu como preencher essa tabela. Alguns sugeriram: “*podemos fixar a tabela na porta do banheiro*” (NOTA DE CAMPO). Outros argumentaram que “*gastaria papel desnecessariamente, uma vez que poderiam marcar via celular*” (NOTA DE CAMPO). No final, o consenso foi usar a tabela impressa. Inicialmente havíamos pedido a 14 participantes, mas no início de março o grupo só conseguiu o retorno de seis.

Figura 34 – Produção de dejetos sólidos e líquidos em um período de trinta dias

Nome	Dejetos líquidos		Dejetos sólidos		Dia
	Dejetos líquidos	Dejetos sólidos	Dejetos sólidos	Dejetos sólidos	
	10	12	1	1	1
	11	1	1	1	2
	10	1	1	1	3
	11	1	1	1	4
	13	1	1	1	5
	3	1	1	1	6
	10	1	1	1	7
	10	1	1	1	8
	11	1	1	1	9
	8	1	1	1	10
	2	1	1	1	11
	8	1	1	1	12
	9	1	1	1	13
	10	1	1	1	14
	10	1	1	1	15
	8	1	1	1	16
	9	1	1	1	17
	7	1	1	1	18
	7	1	1	1	19
	8	1	1	1	20
	2	1	1	1	21
	1	1	1	1	22
	0	1	1	1	23
	1	1	1	1	24
	1	1	1	1	25
	1	1	1	1	26
	1	1	1	1	27
	0	1	1	1	28
	2	1	1	1	29
	1	1	1	1	30

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Essa tabela foi preenchida no mês de abril de 2015. Houve dois tipos de retorno de dados: os registros com desenhos, como na figura acima, e os que marcaram com símbolos numéricos. A participante A3G1, que ficou responsável por colocar todos os dados na mesma tabela, disse: - “*Nossa, Deive, da próxima vez pede para colocar só em números, é mais fácil de colocar no computador*” (NOTA DE CAMPO). Em maio recolhemos esses dados e os colocamos na Tabela 3. Nessa tabela acrescentamos a coluna dos dias da semana do mês de abril de 2015 e note que a terceira e a nona colunas referem-se aos dados do sujeito 1. Na quarta e décima colunas estão os dados do sujeito 2 e assim sucessivamente. Depois que colocamos os dados nessa estrutura, as participantes se indagavam: -“*o que iríamos extrair informações da referida tabela*”. Podemos redirecionar esse questionamento a: como tratar os dados dessa tabela?

Tabela 3– Dados sobre dejetos sólidos e líquidos produzidos por seis pessoas

Semana	Dia	Dejetos sólidos							Dejetos líquidos				
Quarta	1	1	2	1	2	1	1	9	4	14	7	2	5
Quinta	2	1	1	1	0	0	1	5	3	13	11	1	4
Sexta	3	2	2	1	1	2	1	5	3	12	10	3	5
Sábado	4	0	1	1	2	0	1	5	3	15	11	4	6
Domingo	5	1	2	1	1	1	2	6	4	12	13	2	7
Segunda	6	1	1	1	1	1	1	6	3	13	8	3	5
Terça	7	2	1	1	1	1	1	8	3	13	10	2	6
Quarta	8	1	2	1	0	0	1	8	3	12	11	2	4
Quinta	9	2	1	1	1	1	1	10	2	13	7	4	3
Sexta	10	1	1	1	1	1	1	6	3	14	8	2	5
Sábado	11	1	2	1	1	0	1	5	4	12	8	3	6
Domingo	12	2	2	1	2	1	2	4	3	14	9	2	7
Segunda	13	1	1	1	1	0	1	6	2	13	10	3	5
Terça	14	0	2	1	1	1	1	4	3	17	10	2	5
Quarta	15	1	3	1	1	1	1	6	4	11	8	3	6
Quinta	16	1	2	1	1	0	1	9	3	13	9	2	5
Sexta	17	2	2	1	1	2	1	3	2	12	8	3	5
Sábado	18	1	2	1	1	0	1	5	4	11	7	1	6
Domingo	19	4	1	1	1	1	2	8	2	12	11	3	6
Segunda	20	0	1	1	2	2	1	4	3	13	8	2	5
Terça	21	1	2	1	1	1	1	5	4	11	10	4	6
Quarta	22	0	2	1	0	0	1	3	2	14	10	2	5
Quinta	23	1	2	1	1	1	1	4	3	13	12	2	4
Sexta	24	1	3	1	1	1	1	5	4	12	9	2	6
Sábado	25	1	1	1	1	0	1	9	2	14	8	5	6
Domingo	26	1	2	1	1	0	2	4	3	10	10	2	7
Segunda	27	1	2	1	0	1	1	4	4	14	7	2	5
Terça	28	1	3	1	1	2	1	6	4	13	8	1	4
Quarta	29	2	2	1	2	1	1	4	2	12	11	3	6
Quinta	30	1	2	1	1	1	1	8	3	12	10	1	5

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

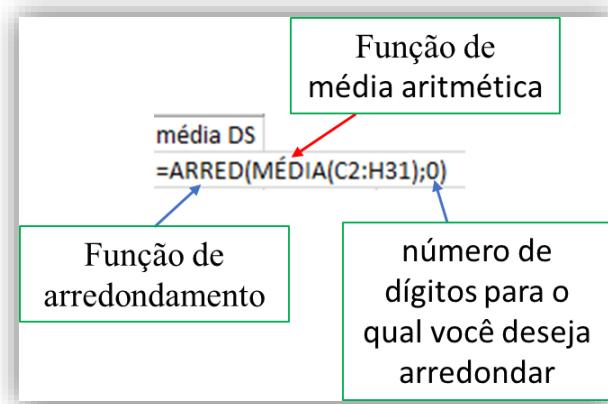
Tratar os dados, envolve obter informações a partir de uma dada teoria, nesse caso, uma teoria matemática. Desse ponto de vista, mudar o conteúdo matemático empregado para produzir as informações, muda as informações. Esse aporte teórico depende também do que queríamos nesse processo. Queríamos comparar duas interações diferentes. A primeira interação foi a das pessoas com a tecnologia do aparelho sanitário que elas têm em seus domicílios; a segunda foi a das pessoas com a tecnologia do aparelho sanitário, mas seguindo a norma 15.097/04 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que diz que a tecnologia do aparelho sanitário deve consumir, no máximo, 6 litros de água (ABNT, 2004). Segundo Smole e Diniz (2013), podemos caracterizar e comparar fenômenos pesquisados por

medidas de tendência central, uma delas é a média aritmética simples ( $\bar{x}$ ). Essa medida é a soma total dos dados dividida pelo número total de dados, em linguagem matemática:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Em que  $x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ ; são os dados obtidos;  $n$  é o número total de dados; e,  $\bar{x}$  é a média aritmética simples. Desse ponto de vista, encontramos os valores médios de dejetos sólidos e líquidos usando o *software* Excel. As funções da planilha usadas para obter tais valores são mostradas na Figura 35.

Figura 35 – Funções do Excel para obter a média dos dejetos



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Dessa forma, obtemos que a média de dejetos de um dia do mês de abril foi:  $\bar{x}_S \approx 1$  e  $\bar{x}_L \approx 6$ . Em que  $\bar{x}_S$  é a média diária de dejetos sólidos e  $\bar{x}_L$  é a média diária de dejetos líquidos. Esses valores foram arredondados para números naturais, uma vez que não há sentido em usar outro tipo de conjunto para descrevê-los. Eles nos diziam que um sujeito interage com o botão de disparo sete vezes por dia, em média. Já tínhamos o número de descargas dadas por dia, em média, sete. Precisávamos encontrar o volume de água que cada descarga usava para limpar a bacia sanitária. Contudo, os alunos ainda não haviam estudado volume, então o professor PMGMA propôs um encontro para abordar esse tema.

[WhatsApp] PMGMA: Para as meninas do 2º D, nossa atividade de sexta-feira está confirmada. Favor confirmarem leitura desse.

[WhatsApp] deive: Seria bom os meninos do regador automático irem também, pois o Alex irá falar sobre volume.

[WhatsApp] A5G2: Meu grupo?

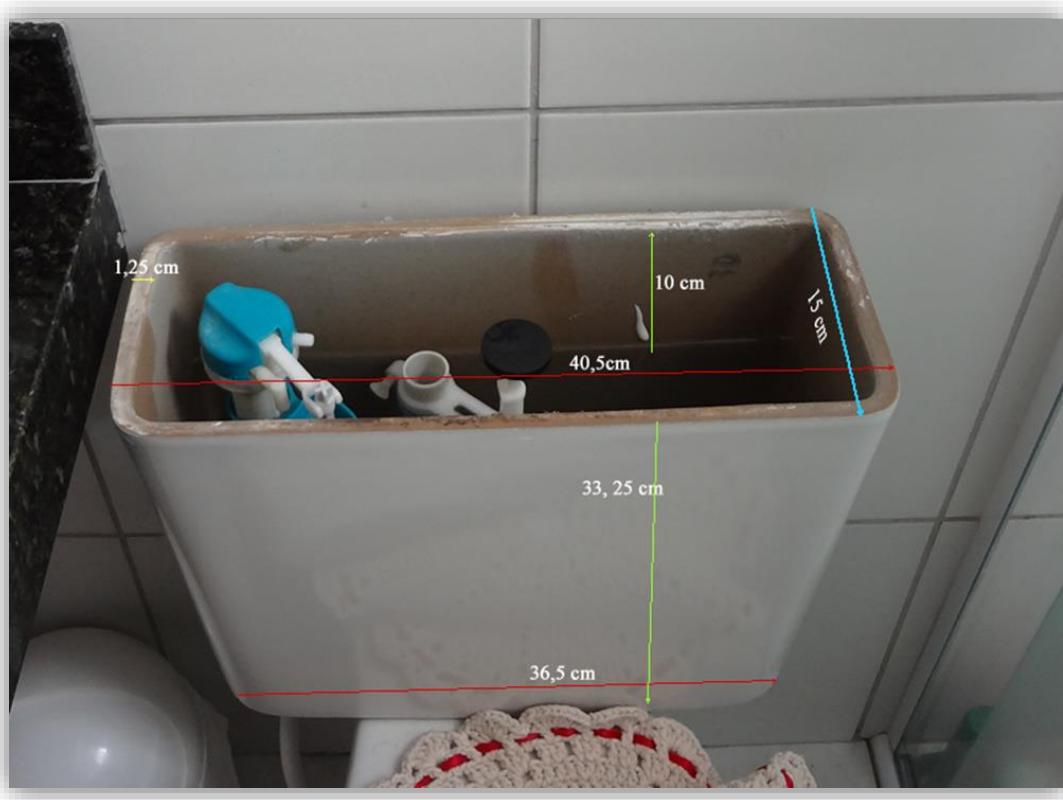
[WhatsApp] deive: sim.

[WhatsApp] deive: Está bem, vou ver a disposição dos meninos rsrs...

[WhatsApp] PMGMA: É isso aí. Se os meninos do 2º D puderem, é matéria de vocês também.

O desafio das participantes era encontrar o volume para a caixa acoplada, representada, com suas respectivas medidas, na Figura 36.

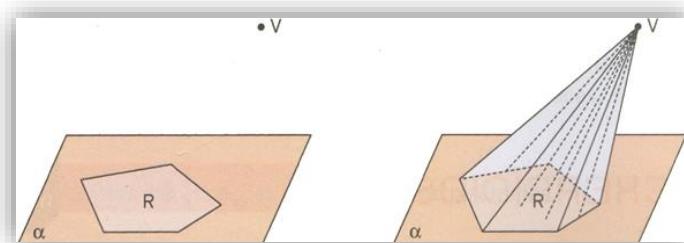
Figura 36 – Medidas da caixa acoplada de um vaso sanitário



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

O primeiro passo para os participantes calcularem o volume de água na caixa acoplada foi atribuir às imagens formas geométricas conhecidas. Atribuíram à caixa o modelo geométrico de um tronco de pirâmide retangular. Segundo Smole e Diniz (2013), define-se pirâmide da seguinte forma: “Seja uma superfície poligonal R contida em um plano  $\alpha$  e um ponto V fora de  $\alpha$  [veja Figura 37]. A região de todos os segmentos de reta com uma extremidade em V e a outra em R é denominada **pirâmide**” (SMOLE E DINIZ, 2013, p. 157, grifos das autoras).

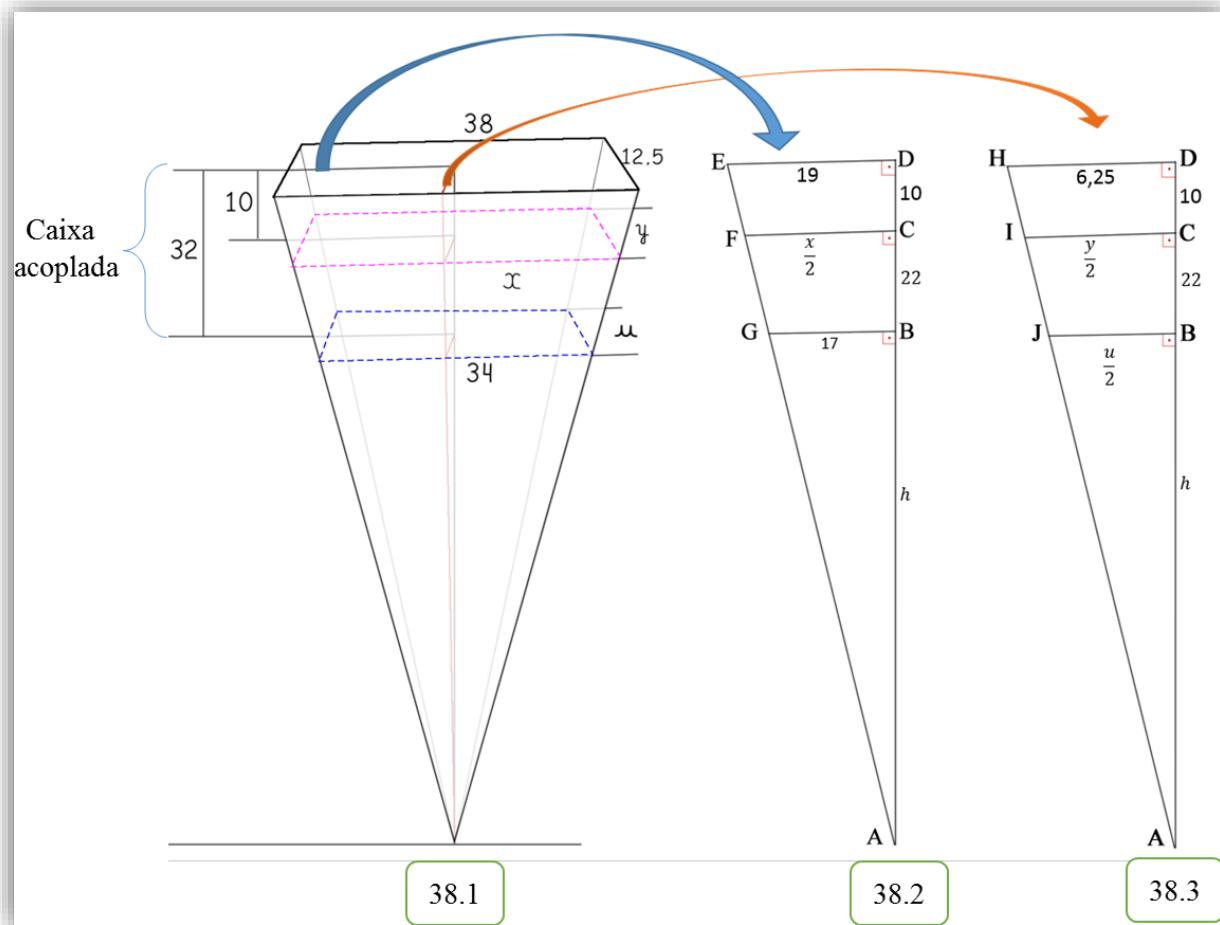
Figura 37 – Definição de pirâmide



Fonte: adaptado de Smole e Diniz (2013)

Esse modelo geométrico foi atribuído à caixa acoplada, especificando na pirâmide, de base retangular, o tronco dela, que representa a própria caixa e outro tronco, que representa a água que está contida na caixa acoplada. A Figura 38 representa esses dizeres.

Figura 38 – Modelo geométrico da caixa acoplada, medidas em centímetro (cm)



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Para encontrar o volume correto, foi necessário encontrar as dimensões dos retângulos tracejados, ou seja, os valores de  $x$ ,  $y$  e  $u$  da Figura 38. 1. Logo, precisamos perceber os triângulos formados: ABG, ACF e ADE, da Figura 38. 2, e os triângulos: ABJ, ACI e ADH, da Figura 38.3. Note que todos são triângulos retângulos e semelhantes entre si, pelo Caso AA – Ângulo-Ângulo: “Se dois triângulos possuem dois ângulos ordenadamente congruentes, então eles são semelhantes” (UFRGS, 2016, p.1). Podemos observar, pelas Figuras 38. 2 e 38. 3, que todos os triângulos têm o mesmo ângulo  $\hat{A}$  e também o de  $90^\circ$ . Desse ponto de vista, da semelhança entre os triângulos  $A\hat{B}G$  e  $A\hat{D}E$ , os seguintes segmentos são proporcionais:

$$\frac{\overline{DE}}{\overline{BG}} = \frac{\overline{AD}}{\overline{AB}} \leftrightarrow \frac{19}{17} = \frac{h+32}{h} \leftrightarrow 19 \cdot h = 17 \cdot (h+32) \leftrightarrow \\ \leftrightarrow 19 \cdot h - 17 \cdot h = 17 \cdot 32 \leftrightarrow 2 \cdot h = 544 \leftrightarrow h = \frac{544}{2} = 272 \text{ cm.}$$

Agora, pela semelhança entre os triângulos  $\widehat{ABG}$  e  $\widehat{ACF}$ , temos essa outra proporcionalidade:

$$\frac{\overline{CF}}{\overline{BG}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} \leftrightarrow \frac{\frac{x}{2}}{17} = \frac{h+22}{h} \leftrightarrow \frac{x}{2} \cdot 272 = 17 \cdot (272 + 22) \leftrightarrow 136 \cdot x = 4998 \leftrightarrow x = \frac{4998}{136} \leftrightarrow x \\ = 36,75 \text{ cm}$$

A partir da Figura 38.2 encontramos os valores de  $h = 272$  cm e  $x = 36,75$  cm, agora, para finalizar, temos que calcular o valor do  $y$  e de  $u$ . Esses valores podem ser encontrados observando a Figura 38. 3, pois é dela que vemos a semelhança entre os triângulos  $\widehat{ACI}$  e  $\widehat{ADH}$  que garantem a proporcionalidade entre os seguintes segmentos:

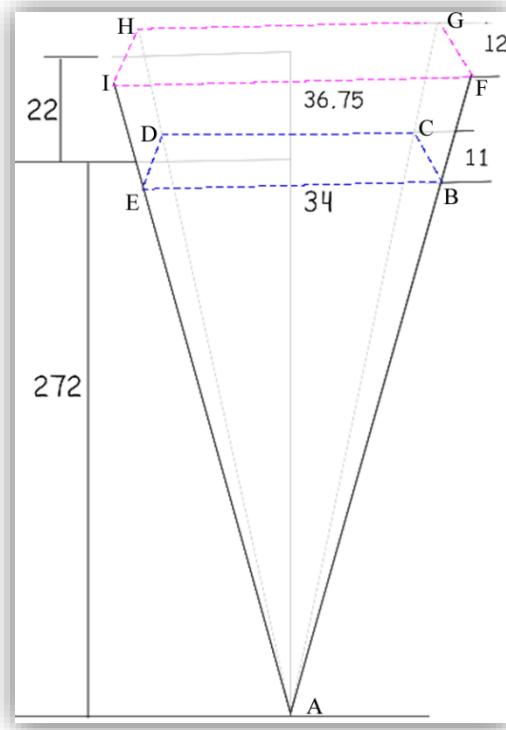
$$\frac{\overline{CI}}{\overline{DH}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AD}} \leftrightarrow \frac{\frac{y}{2}}{6,25} = \frac{294}{304} \leftrightarrow \frac{y}{2} \cdot 304 = 6,25 \cdot 294 \leftrightarrow 152 \cdot y = 1837,5 \leftrightarrow y = \frac{1837,5}{152} \leftrightarrow y \approx 12$$

Por fim, para encontrar o valor de  $u$ , basta trabalharmos com os triângulos semelhantes  $\widehat{ABJ}$  e  $\widehat{ADH}$ , uma vez que asseguram a proporcionalidade entre os segmentos:

$$\frac{\overline{BJ}}{\overline{DH}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AD}} \leftrightarrow \frac{\frac{u}{2}}{6,25} = \frac{272}{304} \leftrightarrow \frac{u}{2} \cdot 304 = 6,25 \cdot 272 \leftrightarrow 152 \cdot u = 1700 \leftrightarrow u = \frac{1700}{152} \leftrightarrow u \approx 11$$

Podemos, com esses valores calculados, representá-los na pirâmide retangular que mostramos na Figura 39. A partir das medidas nela apresentadas , podemos calcular o volume da caixa acoplada. Nessa figura observamos que há duas pirâmides: ABCDE e AFGHI. A diferença do volume dessa com aquela nos dá o volume de água da caixa acoplada.

Figura 39 – Pirâmide retangular da caixa acoplada com medidas em centímetro (cm)



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Segundo Smole e Diniz (2013, p. 204), o “volume de qualquer pirâmide é  $\frac{1}{3}$  do produto da área da sua base pela medida da sua altura”, ou seja:

$$V = \frac{1}{3} \cdot A_b \cdot h$$

Em que  $A_b$  é a área da base e  $h$  é a altura da pirâmide. Vamos calcular em primeiro lugar o volume da pirâmide AFGHI, pela Figura 38 temos que  $h = 294$  e  $A_b = 36,75 \cdot 12 = 441 \text{ cm}^2$ , dessa forma, o volume da pirâmide AFGHI é:

$$V_{AFGHI} = \frac{1}{3} \cdot 441 \cdot 294 = 43218 \text{ cm}^3$$

O mesmo deve ser feito para a pirâmide ABCDE, mas lembrando que, para ela, o valor de  $h$  é 272 e área da base é  $A_b = 34 \cdot 11 = 374 \text{ cm}^2$ , assim o volume da pirâmide ABCDE é:

$$V_{ABCDE} = \frac{1}{3} \cdot 374 \cdot 272 \approx 33909 \text{ cm}^3$$

Com o volume das duas pirâmides calculado pode-se encontrar uma aproximação para o valor do volume de água aparente ( $V_{água aparente}$ ) da caixa acoplada, da seguinte forma:

$$V_{água aparente} \approx V_{AFGHI} - V_{ABCDE} \approx 43218 - 33909 \approx 9309 \text{ cm}^3$$

Colocamos o termo “aparente”, pois há dentro da caixa acoplada, os mecanismos de entrada e saída de água que adicionam volume aos 9309 cm<sup>3</sup> encontrados. A diversos mecanismos, o que estamos considerando aqui é um *kit* de entrada MASTERFLUX mais saída convencional<sup>22</sup>, da marca Censi. A Figura 40 apresenta seus componentes.

Figura 40 – Kit de reparo MASTERFLUX Censi para caixa acoplada

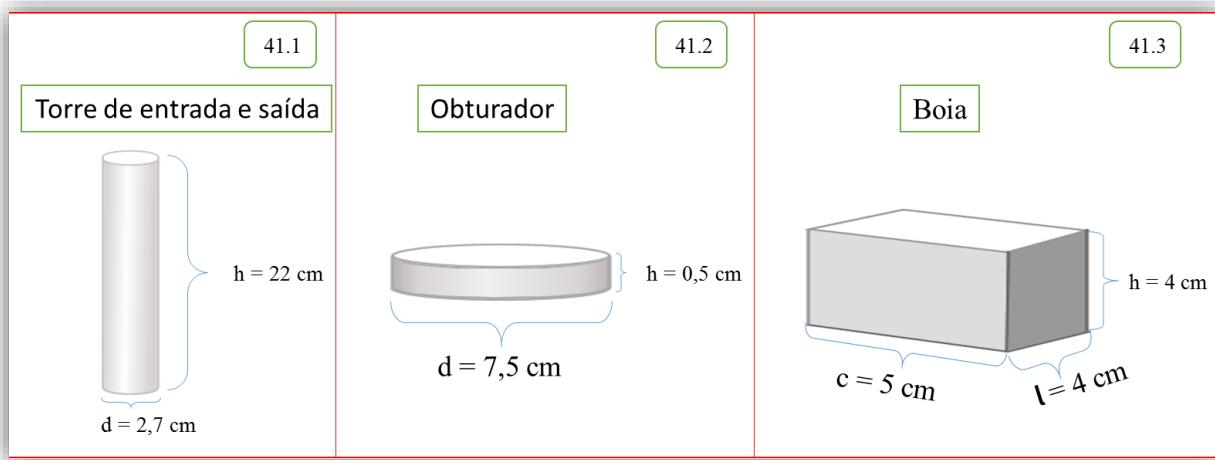


Fonte: adaptado de Censi (2016)

Como podemos observar na figura, o kit possui um mecanismo de entrada que é composto pelo: cabeçote, boia e torre de entrada. E um mecanismo de saída que é composto por: castelo, torre de saída, obturador, a corrente e o botão de disparo. Na nossa caixa acoplada, as torres de entrada e saída tinham o mesmo diâmetro, aproximadamente 2,7 centímetros, a boia tinha um comprimento de 5 cm e de largura, 4 cm. Já obturador tinha um diâmetro de 7,5 cm e uma espessura dentro da água de aproximadamente 0,5 cm. Com tais medidas, desenhamos os modelos geométricos que representavam os mecanismos imersos na água da caixa acoplada. A Figura 41 apresenta tais modelos.

<sup>22</sup> A ficha técnica está disponível em <<http://migre.me/wx0fA>>, acessado em 29 de nov. de 2016

Figura 41 – Modelo geométrico dos mecanismos da caixa acoplada



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Consideramos o mesmo modelo geométrico para as torres de entrada e saída, nesse caso, um cilindro. Segundo Smole e Diniz (2013), o volume de um cilindro circular pode ser encontrado pelo modelo matemático:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Em que  $r$  é raio do círculo,  $h$  é a altura do cilindro e  $\pi$  uma constante irracional que adotaremos o valor aproximado de 3,14. Assim, sabendo que  $h = 22$  cm e  $r = 3,75$  cm, temos o volume das torres.

$$V_{torres} = 3,14 \cdot (1,35)^2 \cdot 22 \approx 126 \text{ cm}^3$$

Como são duas torres, temos, então, o volume de  $252 \text{ cm}^3$ . Já o volume do obturador é:

$$V_{obturador} = 3,14 \cdot (3,75)^2 \cdot 0,5 \approx 22 \text{ cm}^3$$

Por fim, a boia tem o volume dado por um paralelepípedo reto retângulo, que segundo Smole e Diniz (2013), pode ser calculado da seguinte forma:

$$V = A_b \cdot h$$

Em que  $A_b$  é área do retângulo que é a base e  $h$  é a altura do paralelepípedo. Nossa boia tem  $h = 4$  cm e  $A_b = 5 \cdot 4 = 20$  cm, logo, com esses valores, temos o volume:

$$V_{boia} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ cm}^3$$

Para sabermos o volume real de água ( $V_{água}$ ) da caixa acoplada temos de subtrair do volume de água aparente os volumes: da boia, do obturador e das torres de entrada e saída. Assim, teremos volume real de água na caixa acoplada:

$$V_{água} = V_{água \text{ aparente}} - V_{boia} - V_{obturador} - V_{torres}$$

$$V_{água} = 9309 - 80 - 22 - 252$$

$$V_{água} = 8955 \text{ cm}^3$$

Passamos esse valor para litros, teremos aproximadamente 9 litros gastos com água para limpar a bacia do vaso sanitário. A participante

[WhatsApp] A3G1: Deive em referência à conta da semana passada, meu cálculo deu um resultado muito louco, mas ficou entre 13 e 14 litros. Sei que conta está errada, porque medi com uma jarra e deu um pouco a mais que 9 litros. Você deve saber que sou ótima em matemática! Kkkkkkkkk....

Descobrimos que, ao calcular, A3G1 considerou a caixa acoplada com altura de 32 cm e a base retangular de dimensões de 38 cm por 12,5 cm de largura, assim, ela encontrou um volume de aproximadamente  $13519 \text{ cm}^3$ . Estabelecidos o volume de água por descarga,  $V_{água} = 9 \text{ l}$ , e as médias diárias de dejetos,  $\bar{x}_S = 1$  e  $\bar{x}_L = 6$ , foi possível estabelecer o consumo médio diário de água usada para limpar a bacia sanitária. Demonstramos isso em uma tabela do Excel, considerando duas hipóteses:

1. A tecnologia do aparelho sanitário não faz distinção entre volume de água consumida para limpar dejetos sólidos e líquidos; e
2. A tecnologia do aparelho sanitário faz distinção entre volume de água consumida para limpar dejetos sólidos e líquidos.

Por tais hipóteses, fomos calcular o consumo de água quando: o volume de água usada para limpar dejetos sólidos (VLDS) é igual ao volume de água consumida para limpar dejetos líquidos (VLDL) e depois calcularíamos quando fossem diferentes. Para o primeiro caso, fizemos os cálculos da seguinte forma:

- Dia = 0 →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot 0 = 0 \text{ l};$
- Dia = 1 →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot 1 = 63 \text{ l};$
- Dia = 2 →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot 2 = 126 \text{ l};$
- Dia = 3 →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot 3 = 189 \text{ l}$
- Dia = 4 →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot 4 = 252 \text{ l}$
- ...
- Dia = x →  $y = [(6 + 1) \cdot 9] \cdot x = 63 \cdot x \text{ l}$

Observe que associamos a todo número x ao número  $63 \cdot x$ , em que x é tempo medido em dias e y é o volume de água consumida para limpeza da bacia sanitária. Segundo Smole e Diniz (2013, p. 94, grifos da autora), uma “função  $f$ , de  $\mathbb{R}$  em  $\mathbb{R}$ , que a todo número  $ax + b$ , com  $a$  e  $b$  reais,  $a \neq 0$  é denominada **função afim** ou **função polinomial do 1º grau**”, sempre

tem como gráfico uma reta. Na relação estabelecida por nós, acima, temos que o valor de  $b = 0$ , dessa forma, temos que escrever nossa função:

$$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \quad | \rightarrow y = a \cdot x, \quad a \neq 0$$

Em nossa função  $a = [(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}]$ , em que  $\bar{x}_S$  e  $\bar{x}_L$  são as médias diárias de dejetos sólidos e líquidos, respectivamente;  $V_{água}$  é o volume de água da caixa acoplada. A Figura 42 apresenta essa função no Excel.

Figura 42 – Consumo de água da tecnologia do aparelho sanitário, supondo igualdade entre volume de água para limpar dejetos sólidos e líquidos

DIA	volume por desc. em litro	média DS	média DL	Consumo água com VLDS = VLDS
0	9	1	6	$=((C3+D3)*B3)*A3$
1	9	1	6	63
2	9	1	6	126
3	9	1	6	189
4	9	1	6	252
5	9	1	6	315
6	9	1	6	378
7	9	1	6	441
8	9	1	6	504
9	9	1	6	567
10	9	1	6	630
11	9	1	6	693
12	9	1	6	756
13	9	1	6	819
14	9	1	6	882
15	9	1	6	945
16	9	1	6	1008
17	9	1	6	1071
18	9	1	6	1134
19	9	1	6	1197
20	9	1	6	1260
21	9	1	6	1323
22	9	1	6	1386
23	9	1	6	1449
24	9	1	6	1512
25	9	1	6	1575
26	9	1	6	1638
27	9	1	6	1701
28	9	1	6	1764
29	9	1	6	1827
30	9	1	6	1890

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Observa-se pela figura que a coluna A representa o tempo, a coluna B, o volume de água da caixa acoplada, a coluna C, a média diária dos dejetos sólidos e a coluna D, a média diária dos dejetos líquidos. Dessa forma, na planilha, a função é escrita da seguinte maneira: “ $=((C3+D3)*B3)*A3$ ”. É a escrita da função “ $y(x) = [(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}] \cdot x$ ” na linguagem da planilha eletrônica. Nessa figura notamos, ainda, que em trinta dias, o consumo de água usado para limpar a bacia sanitária foi de 1890 litros. Esse valor representa o consumo de água sem economia, uma vez que a investigação foi realizada considerando que os dejetos precisam da mesma quantidade de água para limpar a bacia sanitária. Consideremos, então, a outra condição, em que os dejetos precisam de quantidade de água diferente para limpar a bacia sanitária. Mas

como quantificar essa diferença? Ao observar o funcionamento do vaso sanitário foi possível criarmos as seguintes hipóteses simplificadoras:

1. Em dejetos sólidos se consome todo o volume de água da caixa acoplada;
2. Em dejetos líquidos reduzir consumo do volume de água a um valor menor que o volume de água da caixa acoplada. Mas, uma vez escolhido o valor, ficaria inalterado.

A ideia foi construir, no Excel, colunas que deixassem constante o volume de água consumida para limpar a bacia sanitária com dejetos sólidos, mas que pudéssemos alterar o consumo de água ao limpamos a bacia com os dejetos líquidos. Fizemos em oito colunas do Excel o consumo do volume de água da caixa acoplada para limpar os dejetos líquidos, ir reduzindo de litro em litro a cada trinta dias, ou seja, nas colunas, o volume de água para limpar dejetos líquidos seria: oito litros, sete litros, seis litros, até chegarmos a um litro. Dessa forma, tivemos que alterar a função  $y(x) = [(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}] \cdot x$ , para:

$$\begin{aligned}y(x) &= [(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}] \cdot x \\y(x) &= [\bar{x}_S \cdot V_{água} + \bar{x}_L \cdot V_{água}] \cdot x \\y(x) &= [\bar{x}_S \cdot V_{água} + \bar{x}_L \cdot (V_{água} - 1)] \cdot x \\y(x) &= [1 \cdot 9 + 6 \cdot (9 - 1)] \cdot x \\y(x) &= [9 + 6 \cdot (8)] \cdot x \\y(x) &= 57 \cdot x\end{aligned}$$

Observe que fizemos  $V_{água} = 9 - 1 = 8$  para limpar os dejetos líquidos, e obtivemos a função:  $y(x) = 57 \cdot x$ , seguindo esse pensamento as colunas no Excel ficaram com as seguintes funções:

1. Na quarta coluna usamos a função  $y(x) = 57 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 1) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;
2. Na quinta coluna usamos a função  $y(x) = 51 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 2) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;
3. Na sexta coluna usamos a função  $y(x) = 45 \cdot x$ , que reescrita, resultou no modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 3) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;
4. Na sétima coluna usamos a função  $y(x) = 39 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 4) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;
5. Na oitava coluna usamos a função  $y(x) = 33 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 5) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;

6. Na nona coluna usamos a função  $y(x) = 27 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 6) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ;
7. Na décima coluna usamos a função  $y(x) = 21 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 7) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ ; e
8. Na décima primeira coluna usamos a função  $y(x) = 15 \cdot x$ , que resulta do modelo  $y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - 8) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$ .

Lembramos que  $y(x)$  é o volume de água consumida para limpeza da bacia sanitária, medido em litros;  $V_{água}$  é o volume real de água armazenada na caixa acoplada para limpeza dos dejetos;  $\bar{x}_S$  é a média diária de dejetos sólidos e  $\bar{x}_L$  é a média diária de dejetos líquidos. No Excel, essas funções assumiram a expressão “=(B3\*C3)+(B3-1)\*D3)\*A3”, em que a coluna A representa o tempo, a coluna B, o volume de água da caixa acoplada, a coluna C, a média diária dos dejetos sólidos e a coluna D, a média diária dos dejetos líquidos. A Figura 43 mostra os resultados da aplicação dos referidos modelos.

Figura 43 – Consumo de água da tecnologia do aparelho sanitário, supondo igualdade entre volume de água para limpar dejetos sólidos e líquidos

DIA	volume por desc. em litro	média DS	média DL	Consumo água com VLDS != VLDL							
				VLDS = 9 e VLDL = 8	VLDS= 9 e VLDL = 7	VLDS= 9 e VLDL = 6	VLDS= 9 e VLDL = 5	VLDS= 9 e VLDL = 4	VLDS= 9 e VLDL = 3	VLDS= 9 e VLDL = 2	VLDS= 9 e VLDL = 1
0	9	1	6	=((B3*C3)+(B3-1)*D3)*A3	45	0	0	0	0	0	0
1	9	1	6	57	51	45	39	33	27	21	15
2	9	1	6	114	102	90	78	66	54	42	30
3	9	1	6	171	153	135	117	99	81	63	45
4	9	1	6	228	204	180	156	132	108	84	60
5	9	1	6	285	255	225	195	165	135	105	75
6	9	1	6	342	306	270	234	198	162	126	90
7	9	1	6	399	357	315	273	231	189	147	105
8	9	1	6	456	408	360	312	264	216	168	120
9	9	1	6	513	459	405	351	297	243	189	135
10	9	1	6	570	510	450	390	330	270	210	150
11	9	1	6	627	561	495	429	363	297	231	165
12	9	1	6	684	612	540	468	396	324	252	180
13	9	1	6	741	663	585	507	429	351	273	195
14	9	1	6	798	714	630	546	462	378	294	210
15	9	1	6	855	765	675	585	495	405	315	225
16	9	1	6	912	816	720	624	528	432	336	240
17	9	1	6	969	867	765	663	561	459	357	255
18	9	1	6	1026	918	810	702	594	486	378	270
19	9	1	6	1083	969	855	741	627	513	399	285
20	9	1	6	1140	1020	900	780	660	540	420	300
21	9	1	6	1197	1071	945	819	693	567	441	315
22	9	1	6	1254	1122	990	858	726	594	462	330
23	9	1	6	1311	1173	1035	897	759	621	483	345
24	9	1	6	1368	1224	1080	936	792	648	504	360
25	9	1	6	1425	1275	1125	975	825	675	525	375
26	9	1	6	1482	1326	1170	1014	858	702	546	390
27	9	1	6	1539	1377	1215	1053	891	729	567	405
28	9	1	6	1596	1428	1260	1092	924	756	588	420
29	9	1	6	1653	1479	1305	1131	957	783	609	435
30	9	1	6	1710	1530	1350	1170	990	810	630	450

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Esses valores mostraram ao grupo que, se criarmos uma tecnologia que modifique a quantidade de água que limpa os dejetos líquidos da bacia sanitária, teremos acrescentado, pela

nossas hipóteses simplificadoras, uma constante de economia ( $e$ ) na função de consumo de água para limpeza da bacia sanitária. Assim, um possível modelo geral ficou:

$$y(x) = (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - e) \cdot \bar{x}_L) \cdot x$$

Em que,  $e$  é a economia de água que se quer obter ao limpar os dejetos líquidos por descarga e,  $e \in \mathbb{R} | 0 \leq e < V_{água}$  (o número  $e$  pertence ao conjunto dos números reais tal que  $e$  seja um número qualquer entre zero e o volume de água armazenado na caixa acoplada). Note que esse modelo representa as duas hipóteses simplificadoras: volumes de água iguais para limpar os dejetos e a que se refere a volumes de água diferentes para fazer tal limpeza. Quando  $e = 0$ , estamos considerando os volumes de água iguais, já quando  $e \neq 0$  há a distinção entre volume de água consumida para limpar dejetos sólidos e líquidos. Embora tenha exposto esse modelo geral, nosso grupo não chegou a desenvolvê-lo, ficaram nas considerações dos oitos modelos apresentados e nas representações gráficas deles.

Restava ao grupo comparar os resultados obtidos com o valor que a norma 15.097/04 da ABNT estabelece para volumes de aparelho sanitário, segundo essa norma, tais aparelhos devem consumir seis litros de água para limpar a bacia sanitária. Nesse caso,  $V_{água} = 6$ , mas a norma não faz distinção entre o volume de água consumido para limpar dejetos sólidos de dejetos líquidos. Assim,  $e = 0$ , o que nos leva à função:

$$\begin{aligned} y(x) &= (V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - e) \cdot \bar{x}_L) \cdot x \\ y(x) &= (V_{água} \cdot \bar{x}_S + V_{água} \cdot \bar{x}_L) \cdot x \\ y(x) &= (9 \cdot 1 + 9 \cdot 6) \cdot x \\ y(x) &= 42 \cdot x \end{aligned}$$

Com esse modelo da norma ABNT tínhamos dez funções que nos diziam o comportamento do consumo de água para limpar os dejetos sólidos e líquidos de bacia sanitária. Para nos auxiliar na compreensão, foi decidido criar um gráfico com as dez funções encontradas na planilha eletrônica. O Gráfico 6 mostra as dez funções encontradas:

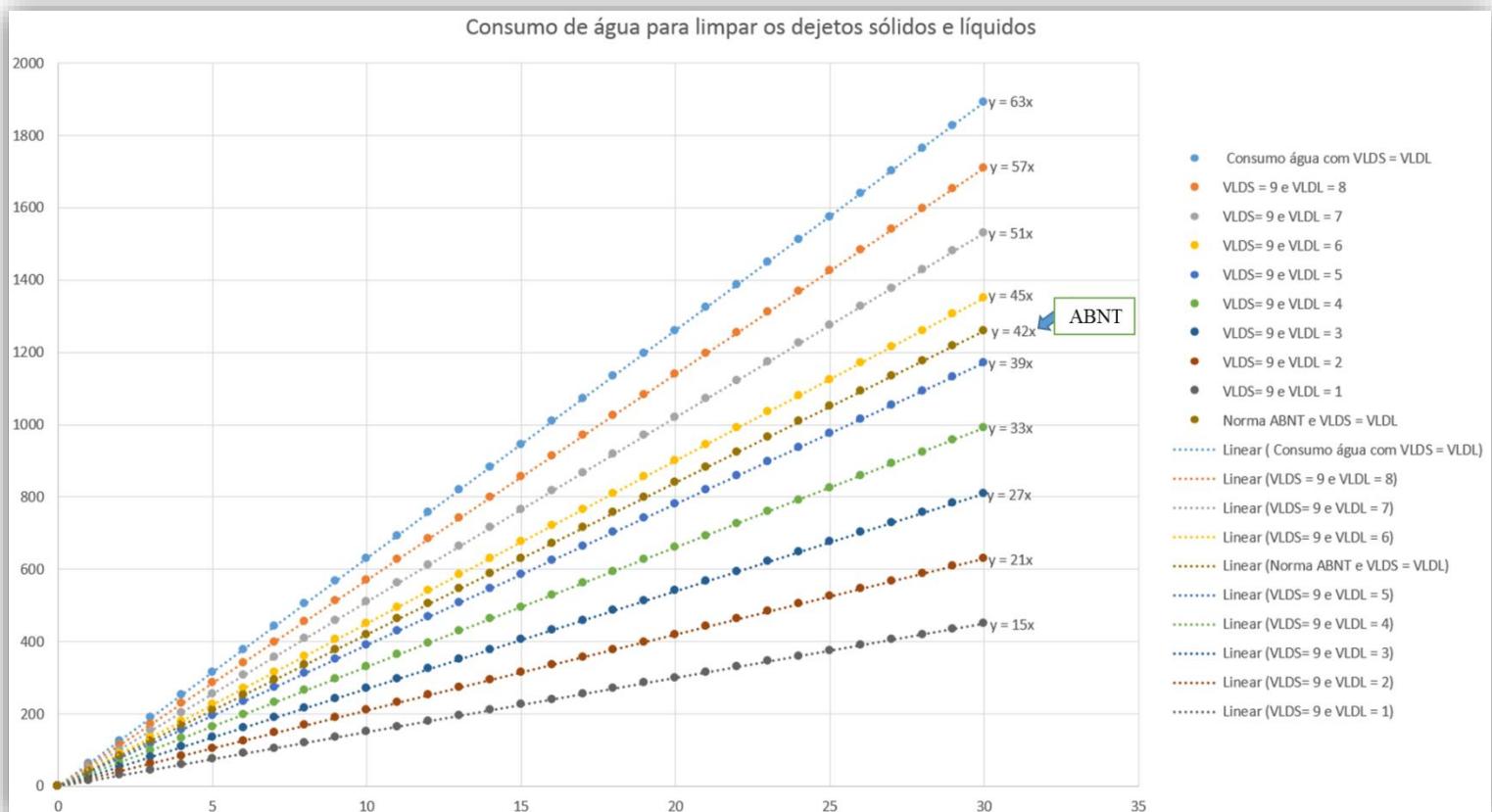
1.  $y(x) = 63 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1890 litros;
2.  $y(x) = 57 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1710 litros;
3.  $y(x) = 51 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1530 litros;
4.  $y(x) = 45 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1350 litros;
5.  $y(x) = 42 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1260 litros;
6.  $y(x) = 39 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 1170 litros;
7.  $y(x) = 33 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 990 litros;
8.  $y(x) = 27 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 810 litros;
9.  $y(x) = 21 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 630 litros e
10.  $y(x) = 15 \cdot x$ , em trinta dias gasta-se 450 litros.

A primeira função refere-se ao consumo de água com os mesmos gastos para limpeza de dejetos sólidos e líquidos. Nela não há economia  $e = 0$ . Mas, nas demais funções, há economia e para calcularmos a economia de água ao final de um mês, fizemos a diferença entre o valor consumido em trinta dias da primeira função com as demais, ficou assim:

- $y_e = 1890 - 1710 = 180 \text{ l, se } e = 1$
- $y_e = 1890 - 1530 = 360 \text{ l, se } e = 2$
- $y_e = 1890 - 1350 = 540 \text{ l, se } e = 3$
- $y_e = 1890 - 1170 = 720 \text{ l, se } e = 4$
- $y_e = 1890 - 990 = 900 \text{ l, se } e = 5$
- $y_e = 1890 - 810 = 1080 \text{ l, se } e = 6$
- $y_e = 1890 - 630 = 1260 \text{ l, se } e = 7$
- $y_e = 1890 - 450 = 1440 \text{ l, se } e = 8$

Em que  $y_e$  é a economia de água obtida em um mês ao diminuirmos a quantidade de água gasta para limpeza de dejetos líquidos na bacia sanitária. Contudo, se os fabricantes de vasos sanitários respeitassem a norma 15.097/04 da ABNT, sem fazer nada, o usuário já teria uma economia de 630 litros de água por mês.

Gráfico 06 – Consumo de água para limpar os dejetos sólidos e líquidos



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

A partir desse gráfico das funções foi possível concluir que, ao reduzir o consumo de água para limpeza dos dejetos líquidos, além da economia de água, é possível alcançar os valores de consumo de água estabelecidos pela norma 15.097/04 da ABNT.

Como vimos, para obter a economia, fizemos a diferença entre o valor consumido em trinta dias da primeira função ( $y(x) = 63 \cdot x$ ) com as demais. Usaremos a mesma ideia para encontrar a função economia ( $y_e(x)$ ), ou seja, vamos subtrair a função que considera o mesmo volume ( $e = 0$ ) de água para limpar os dejetos da função que considera diferente o volume de água ( $e \neq 0$ ). Dessa forma temos:

$$\begin{aligned}y_e(x) &= y_{DS=DL}(x) - y_{DS\neq DL}(x) \\y_e(x) &= \{[(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}] \cdot x\} - \{(V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - e) \cdot \bar{x}_L) \cdot x\} \\y_e(x) &= \{[(\bar{x}_S + \bar{x}_L) \cdot V_{água}] - [(V_{água} \cdot \bar{x}_S + (V_{água} - e) \cdot \bar{x}_L)]\} \cdot x \\y_e(x) &= \{\bar{x}_S \cdot V_{água} + \bar{x}_L \cdot V_{água} - V_{água} \cdot \bar{x}_S - (V_{água} - e) \cdot \bar{x}_L\} \cdot x \\y_e(x) &= (\bar{x}_S \cdot V_{água} - V_{água} \cdot \bar{x}_S + \bar{x}_L \cdot V_{água} - V_{água} \cdot \bar{x}_L + e \cdot \bar{x}_L) \cdot x \\y_e(x) &= (e \cdot \bar{x}_L) \cdot x\end{aligned}$$

Em que  $y_e(x)$  é a economia de água;  $e$  é a economia de água que se quer obter ao limpar os dejetos líquidos;  $\bar{x}_L$  é a média diária de dejetos líquidos e  $x$  é o tempo medido em dias. Por exemplo, queremos obter 5 litros de economia de água por descarga,  $e = 5$ , em um mês com a nossa média de  $\bar{x}_L = 6$ , logo, a economia será de:  $y_e(x) = (e \cdot \bar{x}_L) \cdot x = 5 \cdot 6 \cdot 30 = 900 l$ . Com tais valores, o usuário obteria uma economia de 900 litros de água em trinta dias. Toda essa investigação do grupo “Natureza Blue” faz parte da fase de *Design* do protótipo. Fase que, a partir da investigação realizada, obriga esse grupo a indagar: como customizar a tecnologia do aparelho sanitário de acordo com nossa investigação? A resposta para essa indagação está na fase “A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo”. Resta, ainda, discutir “A Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo” do grupo “Water World 2015” para a construção do *Chuveiro Inteligente*.

O grupo “Water World 2015” teve uma produção mais objetiva, acreditamos que isso se deu, pois no início, nossas reuniões eram em conjunto, então, muitas das discussões dos dois outros grupos já estavam impregnadas nesse terceiro grupo. Como já foi dito anteriormente, eles analisaram informações trazidas pelo grupo “Natureza Blue” de reportagens do jornal *Gazeta* e viram a necessidade de construir uma máquina automatizada para o banho, que pudesse reduzir o desperdício de água.

Segundo Roberts (2012, p. 2), uma “máquina é qualquer aparelho que auxilie um trabalho, seja um martelo ou uma bicicleta. Um martelo é uma máquina porque torna o seu

braço mais longo, de forma que você possa fazer mais trabalho". Nesse sentido, um chuveiro é uma máquina, pois auxilia no trabalho de fazer nossa higiene. Podemos dizer, ainda, que o Chuveiro inteligente produzido é uma máquina que apresenta uma vantagem mecânica em relação aos chuveiros comuns, pois faz o mesmo trabalho com um consumo menor de água e energia elétrica. É isso que buscamos demonstrar, descrevendo nessa fase de *Design* do protótipo. O grupo passou a se questionar como verificar se o chuveiro inteligente economizaria água e energia elétrica, um caminho a ser seguido foi dado por PMGMA:

*[WhatsApp] PMGMA: Vamos começarmos por construir uma tabela, com quantidade de vezes que nós ligamos o chuveiro e também o tempo que fica ligado em cada vez. Então teremos uma média de quantidade de vezes e tempo por vez. Assim, poderemos programar nosso chuveiro, de forma a ser econômico e eficiente ao mesmo tempo.*

A tabela a que PMGMA se refere, foi preenchida junto com a tabela do grupo "Natureza Blue ", que conseguiu o retorno de seis questionários ao final do mês de abril de 2015. A Figura 44 mostra a leitura do banho de uma dessas pessoas. Observa-se, na figura, que os participantes no 3º, 5º, 12º, 13º e 30º dia tomaram dois banhos. Por exemplo, no terceiro dia, um banho foi de nove minutos e outro, de doze.

Figura 44 – Leitura do banho em um período de trinta dias

Dia	Tempo no chuveiro
1	12 min
2	11 min
3	9min 12 min
4	10min
5	9min 6 min
6	10 min
7	9 min
8	9 min
9	12 min
10	10 min
11	12 min
12	6min 15min
13	7min 10 min
14	10 min
15	8 min
16	9 min
17	10 min
18	11 min
19	9 min
20	11 min
21	4 min
22	15 min
23	5 min
24	9 min
25	10 min
26	6 min
27	12 min
28	15 min
29	8 min
30	10 min 6 min

Marca do chuveiro: *marcador*

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

A falta de padronização de como inserir os dados de mais de um banho, nessa tabela, nos fez procurar os sujeitos que responderam com informações de mais de um banho, fazendo-nos perder certo tempo para tabular os dados obtidos. Os dados foram reunidos na Tabela 4. Nessa tabela colocamos o tempo total que cada pessoa ficou no chuveiro no período de um dia.

Tabela 4– Dados sobre tempo, no chuveiro, produzidos por seis pessoas

Semana	Dia	Tempo no chuveiro (min)					
		1	2	3	4	5	6
Quarta	1	15	7	20	12	17	15
Quinta	2	20	8	18	11	9	33
Sexta	3	28	10	12	21	7	14
Sábado	4	15	9	11	10	3	18
Domingo	5	25	10	12	15	10	16
Segunda	6	15	7	14	10	3	17
Terça	7	30	8	15	9	4	15
Quarta	8	20	8	12	9	8	19
Quinta	9	34	7	20	12	3	28
Sexta	10	19	5	11	10	8	20
Sábado	11	17	10	17	12	4	17
Domingo	12	27	8	27	21	8	12
Segunda	13	25	7	13	17	5	13
Terça	14	30	7	13	10	12	15
Quarta	15	25	10	13	8	12	19
Quinta	16	17	5	15	9	10	27
Sexta	17	34	7	18	12	10	18
Sábado	18	23	10	19	11	6	14
Domingo	19	41	5	16	9	8	11
Segunda	20	12	6	14	11	7	26
Terça	21	29	7	15	7	10	19
Quarta	22	27	10	13	13	11	13
Quinta	23	16	8	15	7	12	22
Sexta	24	17	10	11	9	6	16
Sábado	25	30	5	16	10	7	10
Domingo	26	14	8	19	6	9	16
Segunda	27	22	10	16	12	5	17
Terça	28	25	5	15	15	10	13
Quarta	29	9	10	20	8	8	14
Quinta	30	17	7	13	15	15	19

Chuveiro: Lorenzetti Maxi Ducha

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Esses dados foram estudados da mesma forma que os dados do grupo “Natureza Blue”, o objetivo nesse caso era saber qual o valor médio que uma pessoa do grupo, que respondeu ao questionário, usaria a máquina a ser automatizada, a partir daí poderíamos comparar sujeitos que usavam abaixo ou acima da média do grupo. Já sabemos do grupo anterior que, segundo Smole e Diniz (2013), podemos caracterizar e comparar fenômenos pesquisados por medidas

de tendência central e que, para isso, escolhemos a média aritmética simples ( $\bar{x}$ ), que pode ser calculada:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Em que  $x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ ; são os dados obtidos;  $n$  é o número total de dados; e,  $\bar{x}$  é a média aritmética simples. Desse ponto de vista, encontramos os valores médios do tempo em que o chuveiro ficou em funcionamento. As funções da planilha, usadas para obter tais valores, já mostradas na Figura 34, apresentaram a mudança de arredondamento, que antes era zero e passou para duas casas decimais. A média do funcionamento da máquina a ser automatizada de um dia do mês de abril foi:  $\bar{x}_{ch} \approx 13,83$  minutos, em que  $\bar{x}_{ch}$  é a média diária do tempo de funcionamento do chuveiro elétrico. Essa média considerada como um número do conjunto dos números reais. Sabendo do valor médio que um chuveiro elétrico fica ligado, fomos descobrir como um chuveiro funcionava, A8G3 nos responde dizendo que:

*[WhatsApp] A8G3: Deive, pesquisamos na internet e o chuveiro funciona, mais ou menos, assim. Tudo começa com a água liberada pela torneira que entra no chuveiro. No chuveiro sai menos água do que entra o que faz com que parte da água se acumule dentro do chuveiro. Essa água acumulada empurra uma peça chamada diafragma, ela serve de apoio para alguns pontos de contato elétrico. Quando o diafragma sobe esses pontos tocam nos contatos da parte superior do chuveiro que é conectado à rede de energia elétrica só aí a corrente elétrica é acionada ligando o aquecimento do chuveiro. Esse aquecimento se dá pela corrente elétrica começar a percorrer uma resistência, peça metálica que esquenta a água. É em contato com a resistência superaquecida a água fria que se acumula no chuveiro também esquenta. As chaves frio, morno e quente regula o trecho da resistência que é percorrido pela corrente na posição morno toda a resistência é ativada e com mais espaço para circular os elétrons esquentam menos a resistência e a água fica numa temperatura morna. Já na posição quente só uma pequena parte da resistência entra em ação com menos espaço para percorrer os elétrons deixam a resistência mais quente e consequentemente a água. Com a torneira fechada, a água armazenada dentro do chuveiro escorre, sem água para empurrar o diafragma volta a sua posição inicial, assim o contato com a parte superior do chuveiro é interrompido e a corrente elétrica desligada.*

A fala de A8G3, como ocorrido no grupo “Árvore da vida-ifm”, apontava um cenário investigativo a ser explorado, novamente o chamado efeito joule (efeito térmico), mas por falta de percepção, não entramos nesse cenário de investigação. Contudo, a explicação do funcionamento do chuveiro elétrico, dita por A8G3, nos mostrou uma rota mais segura do que estávamos produzindo, pois antes dela pensávamos que teríamos que automatizar duas coisas: a água que entrava no chuveiro e a eletricidade para aquecer a água. Depois da explicação, vimos que bastava automatizar o fluxo de água. Além do funcionamento, é importante saber,

ainda, a potência elétrica e vazão do chuveiro. O Quadro 15 mostra as diferentes potências e vazões do chuveiro *Lorenzetti Maxi Ducha*.

Quadro 15 – Dados sobre tempo, no chuveiro, produzidos por seis pessoas

		TENSÃO (V)	POTÊNCIA (W)	CONSUMO MENSAL MÁXIMO		CONSUMO MENSAL MÍNIMO		CLASSE DE POTÊNCIA
				CONSUMO (kWh/mês)	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA (°C)	CONSUMO (kWh/mês)	VAZÃO (l/min)	
<b>LORENZETTI</b>  <b>3 TEMPERATURAS</b>	<b>MAXI DUCHA</b>	127	3200	14,50	15,2	8,90	3,00	B
		127	4500	19,50	20,9	13,10	4,30	C
		127	5500	23,90	25,6	13,90	4,60	D
		220	3200	14,50	15,3	8,90	3,00	B
		220	4500	19,60	21,0	13,10	4,30	C
		220	5500	24,10	25,7	14,10	4,60	D

Fonte: adaptado de Inmetro (2016)<sup>23</sup>

Constatamos que o chuveiro usado pelo público que respondeu ao questionário tem potência elétrica igual 5500 Watts e 4,6 litros por minuto de vazão. O quadro do Inmetro (2016) nos traz outras informações relevantes como a elevação da temperatura, que pode alcançar, 25,7 graus Celsius (°C). O consumo do chuveiro elétrico quando está no modo quente (inverno), é de 24,10 KWh/mês, e quando está no modo morno (verão), 14,10 KWh/mês. Nesse ponto, o grupo indagou: *como o Inmetro (2016) chegou esses resultados de consumo?* Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL):

A potência do chuveiro varia de acordo com a posição da chave. Pode variar de 4.500 a 6.000 watts no modo Inverno (quente) ou de 2.100 a 3.500 watts no modo Verão (morno). O consumo por hora (60 minutos) de uso é de 4,50 a 6,0 kWh (quilowatts-hora) na posição Inverno e de 2,10 a 3,50 kWh no Verão. Para calcular o consumo do seu chuveiro, basta utilizar a regra abaixo:

**Consumo = (potência em watt/1000) x (tempo) número de horas = total em KWh** (ANEEL, 2011, p. 1, grifos do autor).

Assim, sabendo que o Inmetro toma como hipótese um banho diário com duração de oito minutos, considerando um mês com 30 dias, pode-se afirmar que o consumo será de:

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{5500}{1000} (\text{kWh}) \cdot \frac{8}{60} (\text{horas}) \cdot 30 (\text{dias}) \\
 C &= \frac{5500}{1000} \cdot \frac{8}{60} \cdot 30 \\
 C &= \frac{5500}{1000} \cdot \frac{8}{60} \cdot 30
 \end{aligned}$$

<sup>23</sup> Essa tabela do Inmetro é a edição 2016, nosso grupo trabalhou com edição de 2008 para o chuveiro em questão não altera em nada. Colocamos essa edição mais recente, pois ela é esteticamente mais agradável.

$$C = 22 \text{ kWh/mês}$$

Ao usarmos o modelo matemático proposto pela ANEEL, temos um valor abaixo do Quadro 15 do Inmetro (2016). Esse fato gerou alguns dias de discussão entre os participantes do grupo, que foram buscar uma explicação para essa diferença. A informação que obtivemos foi que o Inmetro (2016) faz uso das normas da Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), entre as usadas está a norma NBR 12089, que determina o método de Simulação para calcular o consumo de energia de um chuveiro elétrico. Para acessar uma norma da ABNT deve-se pagar valores entre R\$ 24,75, no site da empresa Target<sup>24</sup>, e R\$ 30,00, no site da associação<sup>25</sup>. A normativa traz dois procedimentos: o “Procedimento para determinação do consumo mensal mínimo” e o “Procedimento para determinação do consumo mensal máximo de energia elétrica”. No primeiro procedimento, a NBR 12089 estabelece dez passos para o cálculo do consumo, no outro, são sete. As etapas, em resumo da ABNT (2015), são as seguintes:

1. Instalar o chuveiro, comutar a potência elétrica do chuveiro para a de menor nível.
2. Colocar o fornecimento de água para uma vazão de 0,05 l/s e acionar a energia elétrica, se o aparelho não funcionar com essa vazão, encerrar a Simulação.
3. Medir os valores da temperatura da água na entrada ( $T_e$ ) e na saída ( $T_s$ ), calcular a diferença entre  $T_s - T_e = 10^\circ\text{C}$  a uma vazão de 0,05l/s
4. Se a temperatura obtida for menor que  $10^\circ\text{C}$ , ajustar a potência do chuveiro para uma posição superior até obter uma diferença maior ou igual a  $10^\circ\text{C}$ . Se for maior, aumentar a vazão até que a diferença seja igual  $10^\circ\text{C}$ , com precisão de mais ou menos  $0,5^\circ\text{C}$ .
5. Quando obtiver  $T_s - T_e = 10^\circ\text{C}$ , com mais ou menos  $0,5^\circ\text{C}$  de precisão, medir e anotar o valor da vazão de água do chuveiro.
6. Desligar o aparelho e esperar que água saia.
7. Ligar o chuveiro, iniciando a medição do tempo ( $t_1$ ) necessário para aquecer a água de  $10^\circ\text{C}$ . Proceder à leitura dos valores de tensão ( $E$ ) e da corrente elétrica ( $I$ ) e do fator de potência ( $FP$ )
8. Calcular o consumo mensal mínimo pela equação:

---

<sup>24</sup> Disponível em <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/28800/nbr12087-chuveiros-eletricos-determinacao-da-potencia-eletrica-metodo-de-ensaio>>, acessado em 10 de jun. de 2016.

<sup>25</sup> Disponível em <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=349486>>, acessado em 11 de jun. de 2016

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{120000 \cdot E}$$

Onde:

$W$  é o consumo mínimo em kWh/mês

$E_n$  é a tensão nominal em volts (V)

$E$  é a tensão medida em volts (V)

$I$  é a corrente elétrica medida em ampère (A)

$FP$  é o fator de potência medido

$t_1$  é o tempo medido de aquecimento da água em segundos (s)

$t_2 = 480\text{s}$  é o tempo padrão de duração do banho de 8 minutos (min)

9. Calcular a potência econômica pela equação:

$$P = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot FP}{E}$$

Onde:

$P$  é a potência econômica

$E_n$  é a tensão nominal em volts (V)

$E$  é a tensão medida em volts

$I$  é a corrente elétrica medida em ampère (A)

$FP$  é o fator de potência medido, valor adimensional entre 0 e 1

10. Repetir as etapas 6, 7, 8 e 9 de modo a obter três valores e calcular a média aritmética desses valores.

O procedimento para determinação do consumo mensal máximo é semelhante ao descrito acima. Em resumo, a ABNT (2015) o descreve da seguinte forma:

1. Instalar o chuveiro, comutar a potência elétrica do chuveiro para a de maior nível.
2. Colocar o fornecimento de água para uma vazão de 0,05 l/s e acionar a energia elétrica, se o aparelho não funcionar com essa vazão, encerrar a Simulação.
3. Medir os valores da temperatura da água na entrada ( $T_e$ ) e na saída ( $T_s$ ), calcular a diferença entre  $T_s - T_e$  a uma vazão de 0,05l/s.
4. Desligar o aparelho e esperar que água saia.
5. Ligar o chuveiro, iniciando a medição do tempo ( $t_1$ ) necessário para aquecer a água do mesmo incremento de temperatura calculado em 3, com tolerância de mais ou menos 0,5°C. Proceder à leitura dos valores de tensão ( $E$ ) e da corrente elétrica ( $I$ ) e do fator de potência ( $FP$ ).
6. Calcular o consumo mensal máximo, usando a equação do consumo mensal mínimo.

7. Repetir as etapas 4, 5 e 6 de modo a obter três valores e calcular a média aritmética desses valores.

No processo de consumo do modelo proposto pela ANEEL (2011) e o da ABNT (2015) o grupo descobriu que a diferença entre os dois modelos está no fato de que o primeiro modelo matemático considera produtos eletrônicos que trabalham com corrente contínua, já no segundo é considerado um dispositivo que consome corrente alternada. Sabemos que na corrente alternada devemos considerar três tipos de potência, segundo Poppius (2012):

1. A Potência Aparente ( $S$ ), calculada pela equação  $S = V \cdot I$ , em volt-ampère (VA). Podemos afirmar que essa potência é a potência total entregue pela concessionária;

Onde:

$S$  é a potência aparente em (VA)

$V$  é a tensão nominal em volts (V)

$I$  é a corrente elétrica medida em ampère (A)

2. A Potência Real ( $P$ ), calculada pela expressão  $P = V \cdot I \cdot \cos(\phi)$  em watt (W).

Podemos afirmar que essa potência é a que é realmente usada.

Onde:

$P$  é a potência real em (W)

$V$  é a tensão nominal em volts (V)

$I$  é a corrente elétrica medida em ampère (A)

3. A Potência Reativa ( $Q$ ), calculada pela equação  $Q = V \cdot I \cdot \sin(\phi)$  em volt-ampère reativo (VAR). Podemos afirmar que essa potência é a que não é usada.

Onde:

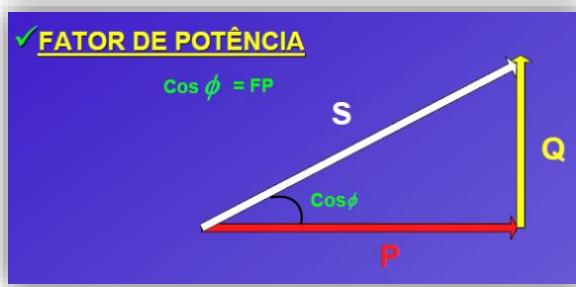
$Q$  é a potência reativa em (VAR)

$V$  é a tensão nominal em volts (V)

$I$  é a corrente elétrica medida em ampère (A)

Segundo Poppius (2012, p. 2461-2462), essas “três potências podem ser representadas em um diagrama denominado “Triângulo de Potências””, o qual mostramos na Figura 45.

Figura 45 – Triângulo de Potências



Fonte: adaptado de Cagnon (2007)

Ao representar as três potências por um triângulo retângulo pode-se atentar para algumas relações trigonométricas do triângulo retângulo e, segundo Cagnon (2007) e Poppius (2012), a razão trigonométrica  $\cos(\emptyset) = \frac{P}{S} = FP$ , essa razão é o que chamamos de fator de potência. Os autores afirmam, ainda, que é comum a adoção de  $FP = 0,92$  pelas concessionárias de energia elétrica. Pela figura podemos ver que, quanto mais próximo de um, maior é quantidade de energia que efetivamente é usada, mas também é verdade que, quanto mais próximo de zero, maior é a quantidade de energia que não é usada. Assim, pode-se afirmar que o  $FP$  é a comparação entre a energia que é efetivamente usada pela energia que é entregue.

Desse contexto, para usarmos o modelo matemático da ABNT (2015), em uma tentativa de calcular o consumo máximo, assumimos:  $E_n = 220 V$ ;  $E = 230 V$ ;  $I = 25 A$ ;  $FP = 0,92$ ;  $t_1 = 117,53 s$ ;  $t_2 = 480 s$ . Para os valores  $E_n$  e  $I$ , usamos os valores contidos nas informações do chuveiro elétrico *Lorenzetti Maxi Ducha* de potência 5500 W. O valor de  $E$ , medimos com um multímetro em uma tomada da escola, o valor variava de 226 a 230V, pegamos o maior valor. Para o valor de  $FP$ , assumimos o valor padrão estabelecido pela concessionária de energia elétrica, ou seja, 0,92. O valor de  $t_2$  é o tempo de banho que segue as orientações da ABNT (2015), que considera um banho de 8 min, ou seja, 480 s. Por fim, substituímos os valores na equação com o valor de  $W = 24,1$ , para obtermos  $t_1 \approx 117,52$  segundos.

Com esses valores, foi possível recalcular o consumo máximo para nosso valor médio de permanência no chuveiro,  $\bar{x}_{ch} \approx 13,83$ , o qual substituiu o valor de tempo padrão de duração do banho de 8 minutos que a ABNT (2015) assume, para o nosso. Assim, obtivemos que o consumo mensal máximo do nosso grupo foi de:

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{120000 \cdot E}$$

$$W = \frac{(220)^2 \cdot 25 \cdot (117,52 + 829,8) \cdot 0,92}{120000 \cdot 230}$$

$$W = \frac{(220)^2 \cdot 25 \cdot (117,52 + 829,8) \cdot 0,92}{120000 \cdot 230}$$

$$W \approx 38,21 \text{ kWh/mês}$$

Uma curiosidade que surgiu em nossas discussões foi referente ao valor  $\frac{1}{120000}$ , suspeitávamos que se tratava de uma constante de conversão  $W_s$  (watts em segundos) para kWh (quilowatts em horas), mas pensávamos: será que é isso mesmo? Para explicar tal suspeita, fizemos assim:

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} W_s$$

Sem a constante  $\frac{1}{120000}$ , a variável  $W$ (consumo) retorna-nos o valor em Watts (W) em segundos (s). Sabíamos que para converter Watts para quilowatts tínhamos que dividir por 1000 e, para transformar segundos em horas, bastava dividir por 3600, assim:

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} \cdot \frac{1}{1000 \cdot 3600} \text{ kWh}$$

Esse valor expressava o consumo em horas por dia e queríamos saber o uso por mês, assumindo que um mês tem 30 dias, temos:

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} \cdot \frac{1}{1000 \cdot 3600} \cdot 30 \text{ kWh/mês}$$

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} \cdot \frac{1}{1000 \cdot 120} \cdot 30 \text{ kWh/mês}$$

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} \cdot \frac{1}{120000} \text{ kWh/mês}$$

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{120000 \cdot E} \text{ kWh/mês}$$

Constatamos que a equação,  $\frac{1}{120000}$  é realmente uma constante de conversão de unidades de medidas. Com essa compreensão, decidimos estudar o funcionamento do consumo máximo no decorrer de um banho médio com unidades em minutos. Para tal, assumimos como constantes os valores  $E_n = 220$ ;  $I = 25$ ;  $FP = 0,92$ ;  $E = 230$ . Decidimos que seria melhor o tempo em minutos, logo  $t_1 = 1,96 \text{ min}$  e  $t_2 > 0$ . Com  $W$  retornando medidas em  $\text{kWh}$ , o que resultou no modelo modificado para:

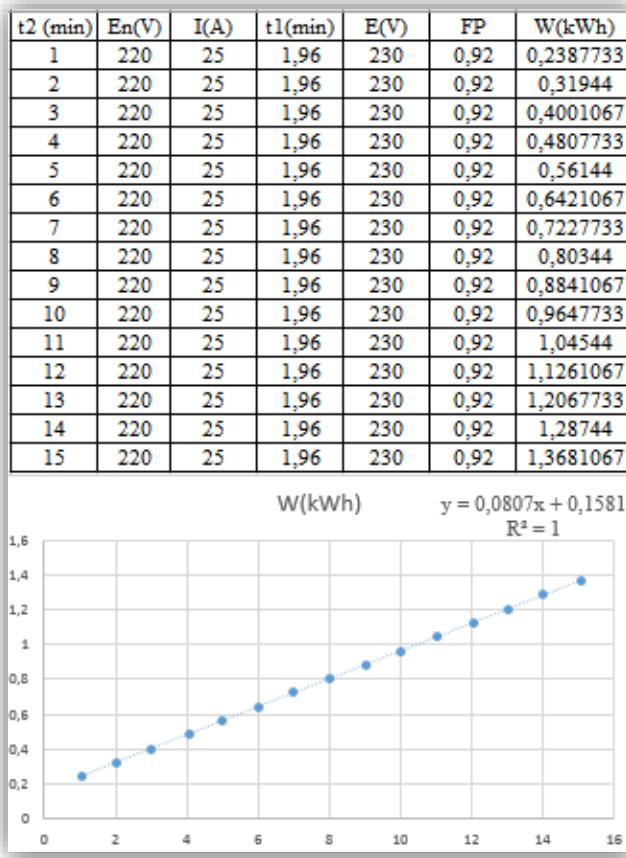
$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{E} \cdot \frac{1}{60000}$$

$$W = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + t_2) \cdot FP}{60000 \cdot E} \text{ kWh}$$

Os cálculos foram realizados em uma planilha eletrônica, a Figura 46 apresenta de forma visual os resultados. A ação na planilha nos ajudou visualizar que o modelo da ABNT (2015) pode ser considerado uma função polinomial do primeiro grau em que o domínio é o tempo de banho,  $x > 0$ . Rescrevendo para a expressão habitual desse tipo de função, obtivemos:

$$\begin{aligned} W(x) &= \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + x) \cdot FP}{60000 \cdot E} \\ W(x) &= \frac{E_n^2 \cdot I \cdot t_1 \cdot FP}{60000 \cdot E} + \frac{E_n^2 \cdot I \cdot FP}{60000 \cdot E} \cdot x \\ W(x) &= \frac{(220)^2 \cdot 25 \cdot 1,96 \cdot 0,92}{60000 \cdot 230} + \frac{(220)^2 \cdot 25 \cdot 0,92}{60000 \cdot 230} \cdot x \\ W(x) &= 0,1581 + 0,0807 \cdot x, \text{ em kWh} \end{aligned}$$

Figura 46 – Consumo máximo do chuveiro elétrico



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

A figura mostra que colocamos uma linha de tendência na planilha e pedimos ainda para mostrar a equação do gráfico, a qual correspondeu aos nossos cálculos, possibilitando a

generalização do consumo máximo de energia elétrica no banho no modelo matemático da função afim:  $W(x) = b + a \cdot x$ , em que  $a \approx 0,0807$ ,  $b = 0,1581$  e com  $x > 0$  e  $W$  medidos em  $kWh$  e  $x$ , o tempo medido em minutos.

A construção de uma tecnologia para o banho, um *Chuveiro Inteligente*, que divide a ação em momentos é, na Matemática, criar uma função definida por partes (ou trechos). Segundo Iezzi e Murakami (1977, p. 159) uma função  $f$ , por partes, é “definida por várias sentenças abertas cada uma das quais está ligada a um domínio  $D_i$  contido no domínio da  $f$ ”. Podemos compreender  $D_i$  como sendo subdomínios disjuntos entre si que estão contidos no domínio da função. Desse ponto de vista, sendo  $x > 0$ , definimos a função do consumo elétrico do *Chuveiro Inteligente* por medida relação:

$$W(x) = \begin{cases} 0,1581 + 0,0807 \cdot x & \text{se } 0 < x \leq 2 \\ 0 & \text{se } 2 < x \leq 5 \\ 0,1581 + 0,0807 \cdot (x - 3) & \text{se } 5 < x \leq 8 \\ 0 & \text{se } x > 8 \end{cases}$$

Em que  $x$  é o tempo decorrido do banho. Usamos o software *Geogebra* para esboçar o modelo gráfico dessa função. O qual é apresentado na Figura 47, observe que o tempo que escolhemos não se refere nem ao tempo que está na ABNT como padrão e nem em nossa média, escolhemos trabalhar com cinco minutos, pois segundo a dermatologista Márcia Purceli e a pediatra Ana Escobar, afirmaram em reportagem no portal G1, “5 minutos são suficientes para esse momento [banho], de preferência com água morna. Isso porque, quando tomamos banho, retiramos a camada de gordura fundamental para a lubrificação da pele” (G1, 2011). Reportagem apresentada pela participante A9G3.

Figura 47 – Consumo máximo do chuveiro inteligente



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

O gráfico nos mostra que, usando o *Chuveiro Inteligente*, ao final do processo o usuário terá consumido, sempre, 0,5616 kWh, assim essa tecnologia dá uma garantia de que seu

consumo será sempre aquele definido por ele. Após o estudo do consumo máximo de eletricidade, fomos ver os gastos com a água. No Quadro 6, observamos que a vazão do chuveiro era de 4,6 litros por minuto ( $l/min$ ), do estudo de outros grupos já sabíamos que o cálculo do volume em função do tempo com uma vazão constante é dado pela função:

$$V(x) = Q \cdot x$$

Em que  $V$  é o volume em função do tempo medido em ( $L$ );  $Q$  é a vazão medida em ( $l/min$ ) e  $x$  é tempo medido em (min), com  $V(x)$  e  $x$  maiores ou iguais a zero. Desse ponto de vista, com  $Q = 4,6$  ( $\frac{L}{min}$ ), temos:

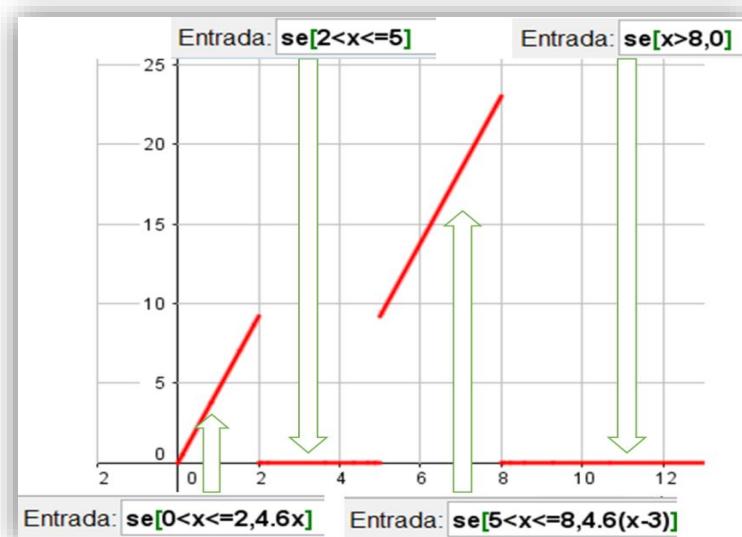
$$V(x) = 4,6 \cdot x$$

Essa função representa o volume sem a construção do *Chuveiro Inteligente*. Com sua construção, teríamos o banho dividido em momentos, o que resultaria em criar uma função definida por partes (ou trechos), da mesma forma que foi feito com consumo elétrico. Assim, com a construção da nova tecnologia para o banho, teríamos para  $t > 0$ , a função:

$$V(t) = \begin{cases} 4,6 \cdot x & \text{se } 0 < x \leq 2 \\ 0 & \text{se } 2 < x \leq 5 \\ 4,6 \cdot (x - 3) & \text{se } 5 < x \leq 8 \\ 0 & \text{se } x > 8 \end{cases}$$

Em que  $x$  é o tempo decorrido do banho, medido em minutos. Temos na Figura 48 o modelo gráfico dessa função construída no *software Geogebra*.

Figura 48 – Consumo de água do chuveiro inteligente



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

No trabalho com tal função verificamos que o consumo de água é de 23 litros. Em um primeiro instante pensamos que a construção do *Chuveiro Inteligente* não traria economia no consumo de água e eletricidade, pois como vemos pelo estudo dos dois consumos, foi reduzido o tempo de permanência no chuveiro, o que poderia ser feito sem o uso da tecnologia. Contudo, a tecnologia garante que, para qualquer usuário, o consumo seja sempre o mesmo, tanto da água quanto da energia elétrica, o que garantiria a economia desses recursos. A questão, então, foi como customizar a tecnologia do chuveiro elétrico de acordo com estudos realizados? Essa indagação foi respondida na implementação do protótipo.

Essa parte, que denominamos “A Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo”, podemos ver que é a fase de percepção e apreensão da realidade estudada, descrita nos trabalhos de Biembengut (2014), que Meyer e Sossae (2006) afirmam como sendo o momento dialógico entre os sujeitos que vivem na realidade com o sujeito que realiza a pesquisa (modelador). Aqui, essa percepção e apreensão dos grupos, que dialogando com os sujeitos da rede de autoria construída para resolver o problema inicial proposto, nos mostrou se a tecnologia a ser construída economizará água e/ou energia elétrica. No *Design* do grupo “Natureza Blue” foi possível constatar que, ao construir a Descarga Digital, o usuário teria uma economia efetiva de água, assim sendo necessária sua construção. Para o “Water World 2015” a fase de *Design* mostrou que não é que o Chuveiro Inteligente irá reduzir o consumo de água, essa tecnologia garante que faça frio ou sol qualquer usuário terá um banho de 5 minutos, dessa forma, a economia de água e energia elétrica se dará àqueles que permaneçam além desse tempo no chuveiro. Por fim, o grupo “Árvore da vida-ifm” não chegou a nenhum indicativo matemático da redução de água na agricultura, o que o Regador Automático garante é que, uma vez calibrado, a umidade do solo será em quantidade bem aproximada do que o plantio necessita, não excedendo ou faltando água para a planta.

### *5.3.3 A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo*

No processo de construção do Regador Automático do grupo “Árvore da vida-ifm”, surgiram alguns modelos matemáticos que os estudantes tiveram que se debruçar para produzir sua tecnologia de economia de água. Lembramos que, na fase de *Design*, decidimos construir o circuito elétrico em duas etapas. Na primeira descobrimos a necessidade de criar no circuito a possibilidade de, a partir da corrente contínua, controlar a corrente alternada e, depois, usamos dois pregos, no circuito, para medir a resistência elétrica do solo. Segundo Aloi (2012), há diversas técnicas para um circuito de corrente contínua acionar/detectar/interromper outro de

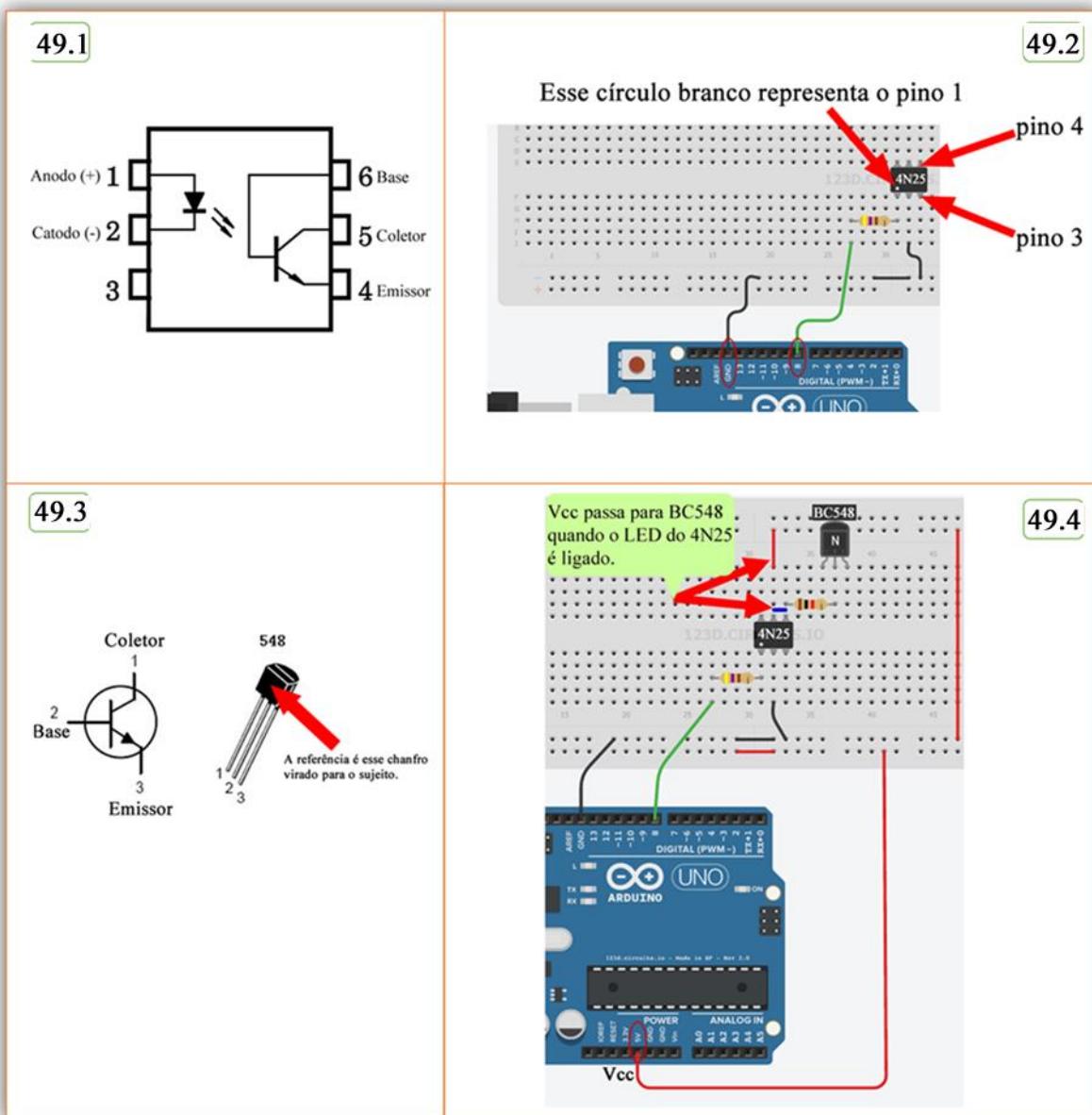
corrente alternada. A mais segura, segundo ele, é aquela que une a tecnologia ótica e eletrônica. Almeida (2015) esclarece que tal união é um campo de estudo denominado de optoeletrônica. Os componentes optoeletrônicos são aqueles “que emitem ou detectam radiação ótica [luz]” (ALMEIDA, 2015, p. 1).

Um desses componentes é o Optoacoplador. Eles são componentes eletrônicos “bastante utilizados em estruturas onde se deseja um isolamento total de sinal entre a entrada e a saída” (ALMEIDA, 2015, p. 3). Segundo Aloi (2012), esse isolamento é perfeito, pois não há componentes mecânicos, a interação com o meio se dá por um espectro de luz visível. Desse modo, o Optoacoplador é um componente eletrônico formado por dois outros componentes: o LED (díodo emissor de luz) e um fototransistor. Esse último “tem a propriedade de variar a sua resistência elétrica em função da intensidade da luz nelas incidentes. Por isso são chamados de **trans resistores**( do inglês: transference resistor) **fotoelétricos**” (Steffens, 2016, p. 1, grifos do autor), ou seja, quando há luz é liberada a passagem de corrente elétrica. Quando não há luz, fica bloqueada (ALMEIDA, 2016).

Para uma melhor compreensão, optamos por fazer um circuito que ligasse um LED e depois adaptá-lo para ligar a bomba d’água. Para isso, usamos um Optoacoplador 4N25, a Figura 49.1 mostra seu modelo simbólico. Nela temos, segundo Aloi (2012):

- Pino 1 - Anodo do LED interno: Conectamos ao pino digital 8 do Arduino;
- Pino 2 - Catodo do LED interno: Conectamos ao GND (terra) do Arduino;
- Pino 3 - Não se conecta nada;
- Pino 4 - Emissor do fototransistor: Conectamos ao GND do Arduino;
- Pino 5 - Coletor: Conectamos ao pino Vcc do Arduino – 5 V;
- Pino 6 - Base: Não conectamos nada.

Figura 49 – Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED



Fonte: Adaptado de Aloi (2012)

Temos a informação de que o LED usado no 4N25 consome uma tensão elétrica típica de 1,15 V e uma corrente elétrica de 10 mA, ou 0,01 A. Temos então:

$$R = \frac{U_A - U_L}{i_L} = \frac{5 - 1,15}{0,01} = \frac{3,85}{0,01} = 385 \Omega$$

Esse valor de resistor que encontramos é diferente do indicado por Aloi (2012), o qual recomenda um resistor de 470 Ω. Nesse ponto é importante ressaltar que as trilhas da rede global Arduino pode nos levar à informação distinta daquela que encontramos em nosso cenário de investigação, mesmo tendo modelos simbólicos e analíticos matemáticos iguais, não necessariamente teremos os mesmos parâmetros usados nos modelos, o que gera insegurança

ao trabalharmos com o educar pela pesquisa na perspectiva da Modelagem Matemática. Nossa insegurança, aqui, refere-se aos valores distintos dos dizeres de sujeitos que dominam o assunto frente ao que encontramos, usando nossos modelos. Outras investigações apontam diversos motivos para a insegurança:

- Insegurança por publicar algo "errado" (LUZ, 2003);
- Insegurança se o modelo matemático está correto (DIAS, 2005);
- Insegurança diante do novo (CALDEIRA, 1998);
- Insegurança de não ter domínio do que pode acontecer (ANASTÁCIO, 1990)
- Insegurança da autoria por construir algo novo/diferente (DEMO, 2001)

Nesse contexto, a autoria no modo de produção P2P, faz “da insegurança o ambiente natural da vida, porque é dele que se pode criar, saltar, chegar a outros lados”. Nessa insegurança nos apoiamos nos cálculos, mas também nos saberes daqueles que já produziram na rede distribuída na qual estamos inseridos. Nessa perspectiva, nosso modelo matemático apontava para um resistor de  $385 \Omega$  e os dizeres de Aloí (2012) sugeriam um resistor de  $470 \Omega$ , nesse tipo de divergência nos pareceu sensato optar sempre pelo resistor de maior valor. Conectamos uma das “pernas” do resistor ao pino digital 8 do Arduino e a outra “perna”, ao anodo do 4N25, como mostra a Figura 49.2. Nessa figura mostramos, ainda, a conexão do catodo do 4N25 ao GND do Arduino. Segundo Aloí (2012), ao usar o Optoacoplador é necessário que se use um transistor, NPN B548, para controlar o fluxo de energia. É o transistor que dará o efeito de ligar / desligar a bomba d’água. A Figura 49.3 mostra seu modelo simbólico. O B548 é composto de três pinos:

- O Coletor: tem a função de coletar a energia;
- A Base: tem a função de liberar ou interromper a energia do coletor;
- O Emissor: tem a função de emitir a energia coletada.

Na Figura 48.4 mostramos a ligação do pino 5(coletor) do Optoacoplador ao pino Vcc do Arduino e o pino 4(emissor) do Optoacoplador ao pino Base do BC548, por um resistor. A ideia é que quando o Arduino enviar o comando para ligar o LED do Optoacoplador, por programação, ele ligará o coletor (pino 5) ao emissor (pino 4). Assim, o emissor terá a tensão e a corrente elétrica do pino Vcc do Arduino, ou seja, 5 V no pino emissor do 4N25. Devemos, então, ligar esse pino ao pino Base do transistor BC548, mas para isso temos que calcular um resistor para limitar a tensão. O modelo matemático para o cálculo do resistor é:

$$R_B = \left( \frac{U_A - U_{BE}}{i_B} \right)$$

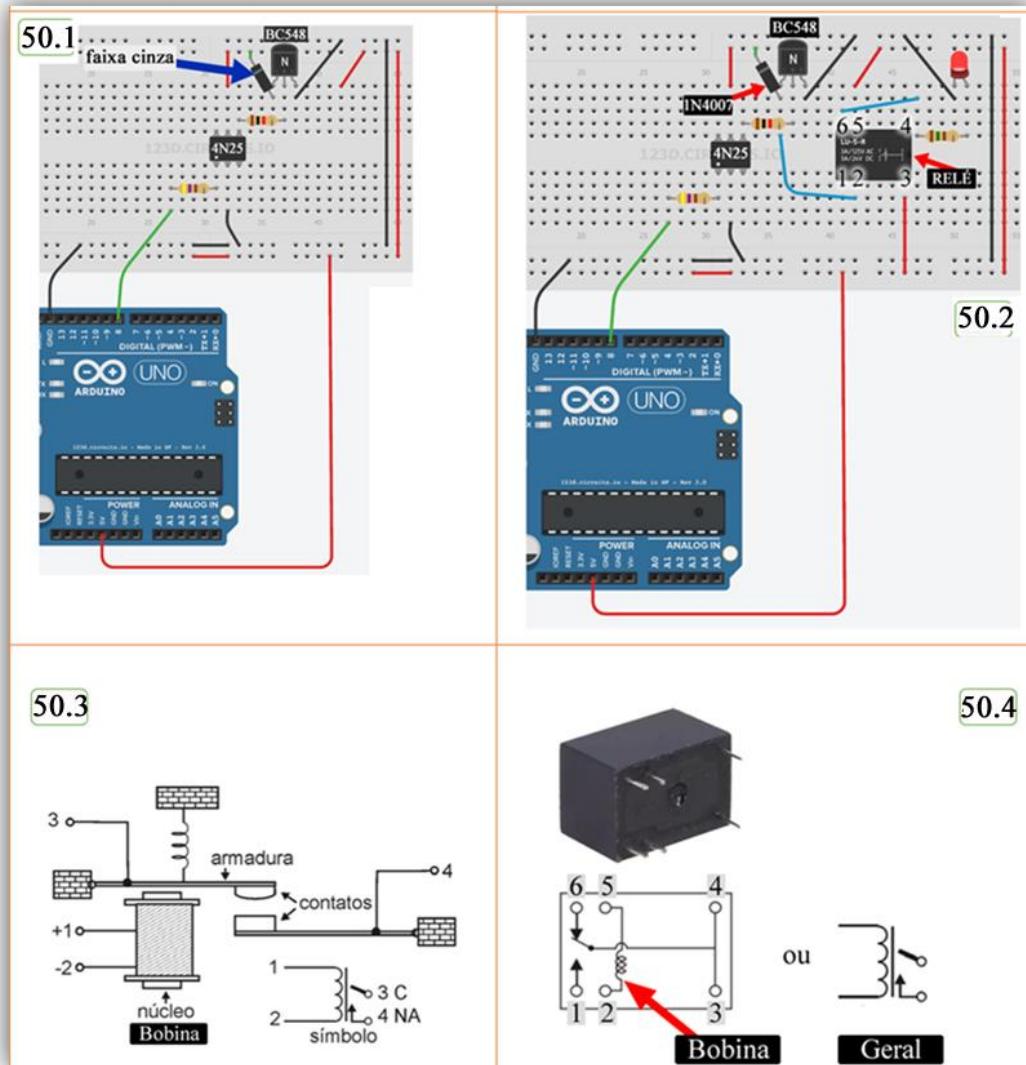
Em que:  $U_A$  é a tensão elétrica do pino Vcc do Arduino;  $U_{BE}$  é a tensão elétrica base-emissor;  $i_B$  é a corrente elétrica do pino Base do BC548; e  $R_B$  é o resistor que irá no pino Base. Sabíamos que  $U_A = 5\text{ V}$ , pois é a tensão padrão do pino Vcc. A tensão elétrica  $U_{BE}$  e a corrente elétrica  $i_B$  obtivemos direto do *Datasheets* do transistor, tais valores foram: 0,6 V e 5mA, respectivamente. Logo tínhamos um resistor de:

$$R_B = \left( \frac{5 - 0,6}{0,005} \right) = 880\Omega$$

O resistor comercial mais próximo desse valor é o de  $910\Omega$  ou  $1K\Omega$ . Aloi (2012) recomenda usar o resistor de  $1K\Omega$ . Acreditamos que esse valor do resistor de Aloi (2012) é obtido ao desprezarmos a tensão elétrica  $U_{BE}$ . Como optamos pelo resistor de maior valor, foi usado em nossa montagem o resistor de  $1K\Omega$ , como mostra a Figura 49.4.

No pino Coletor do transistor BC548, Aloi (2012) recomenda que se use um diodo retificador 1N4007. Segundo Schuler (2013, p.53) um diodo “retificador é um dispositivo que converte corrente alternada em corrente contínua. Como o diodo conduz facilmente em uma única direção, apenas meio ciclo de uma onda CA passará por ele”. Outra funcionalidade do retificador diz Schuler (2013) é de proteção, pois quando a “corrente que circula em uma bobina [em um relé] é repentinamente interrompida, uma grande força contra eletromotriz (FCEM) é gerada nos terminais da mesma. Essa tensão de valor elevado pode causar um arco e pode, também, destruir os dispositivos mais sensíveis” (SCHULER, 2013, p.58), é nessa função que o usamos. Para ligá-lo à “perna” que tem a faixa cinza do 1N4007 ao Vcc do Arduino, a outra, conectamos ao pino Coletor do BC548, como mostra a Figura 50.1. Por fim, essa figura mostra que o pino Emissor é ligado ao GND do Arduino.

Figura 50 – Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED



Fonte: Adaptado de Aloi (2012)

O que foi construído até o momento tem a finalidade de proteger o circuito de entrada de baixa tensão elétrica, a corrente contínua, contra o circuito de saída de alta tensão, a corrente alternada, ou seja, proteger o Arduino da voltagem de 110 volts que “alimenta” a bomba d’água. É nesse contexto que fazemos uso do relé eletromecânico. Corroborando, Abelha (2016) diz que relé eletromecânico

é basicamente um interruptor mecânico que abre ou fecha circuitos de cargas elevadas (tensões e/ou correntes), é operado eletricamente por aplicação de uma tensão baixa na bobine (comando). Ou por outras palavras, é um componente que requer muito pouca energia para comandar circuitos de elevada energia (ABELHA, 2016, p. 14).

Seu principal componente é uma bobina que, eletrizada, cria um campo magnético que muda um contato metálico de posição. Ao observarmos a Figura 50.3 temos uma noção mais detalhada de seu funcionamento nas proximidades

de um eletroímã [bobina] é posicionada uma armadura móvel de metal ferroso, que tem por finalidade controlar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica, um campo magnético é criado. Atuando sobre a armadura, provoca sua atração. (BRAGA, 2012, p. 19).

Comercialmente, há uma variedade de relés eletromecânicos, usamos três relés de fabricantes diferentes:

1. Relé LU-5-R-Rayex de seis terminais: bobina acionada a 5v, suporta 125 V e 3 A de CA;
2. Relé CF41005 – NCR de cinco terminais: bobina acionada a 5v, suporta 125 V e 12 A de CA; suporta 250 V e 7 A de CA.
3. Relé HJR-3FF-S-Z – Tianbo de cinco terminais: bobina acionada a 6v, suporta 125 V e 10 A de CA; suporta 240 V e 5 A de CA.

Para a conexão na placa de Simulação, a Rayex é melhor que as outras duas, mas trabalha com baixa corrente elétrica. As outras duas são de difícil conexão, mas trabalham com corrente elétrica elevada, o que garante uma segurança a mais. Nós usamos os três tipos, pois os terminais são frágeis e estragam facilmente quando estamos na aprendizagem da montagem do circuito. O relé da Tianbo, de acionamento de 6 V da bobina, foi usado também, pois foi o único que encontramos em nossa cidade e precisávamos dele com urgência. Na Figura 50.4 apresentamos o relé LU-5-R-Rayex, seu modelo simbólico e o modelo simbólico geral de um relé eletromecânico.

Com o relé na placa de Simulação, conectamos o terminal 2 ao Coletor do transistor BC548. Nos terminais 3 e 5, do relé, conectamos o Vcc do Arduino. O LU-5-R-Rayex já está funcionando, agora vamos ligar o LED no pino normalmente fechado, que é o terminal 6. Nesse contexto, ligamos a esse terminal um resistor de  $150\ \Omega$  e, à outra “perna”, conectamos o anodo do LED, finalmente conectamos o catodo ao GND do Arduino. A Figura 50.2 mostra tal montagem. Com o circuito construído, para colocá-lo em funcionamento, fomos criar seu *software* via programação. A Figura 51 apresenta a codificação.

Figura 51 – Programação do Circuito elétrico com Optoacoplador 4N25 para ligar um LED

```

1 // Programa de teste do modulo rele
2 // Autor : adaptado de Aloi
3
4 //define a porta a ser utilizada para o acionamento do rele
5 int ligaOpt = 8;
6
7 void setup(){
8     //Define o pino como saida
9     pinMode(ligaOpt, OUTPUT);
10 }
11
12 void loop(){
13     //Aiona o rele
14     digitalWrite(ligaOpt, HIGH);
15     delay(5000); //Aguarda 5 segundos
16     //Desliga o rele
17     digitalWrite(ligaOpt, LOW);
18     delay(5000); //Aguarda 5 segundos e reinicia o processo
19 }
20

```

Fonte: Adaptado de Aloi (2012)

A programação do circuito é simples, uma vez que controla apenas o pino 8 do Arduino. Na linha 5 da programação criamos uma variável de números inteiros e demos a ela o valor 8. Na linha 9 dizemos ao Arduino que o pino 8 se comportará como pino de saída, isso diz ao Arduino que esse pino irá fornecer tensão e corrente elétrica. Na linha 14 determinamos ao Arduino que inicia a passagem de tensão e corrente elétrica, na linha seguinte pedimos que essa configuração durasse cinco segundos. Para finalizar, na linha 17 ordenamos ao Arduino que interrompesse o fornecimento de tensão e corrente elétrica pelo pino 8 e ficasse nessa configuração por outros cinco segundos. Em nosso caso, quando um pino configurado como OUTPUT (saída), o valor HIGH (ou 1) equivale a uma tensão elétrica de 5 V, e o valor LOW (ou 0) a uma tensão de 0 V, (REIS, 2015). A construção desse circuito foi trabalhosa, pois existem muitos componentes e os participantes, de forma geral, não conectavam os componentes eletrônicos por seus pontos de referência, na hora de montar o circuito. Um exemplo de referência no momento de montar esse circuito é colocar o diodo 1N4007, ele tem uma faixa cinza que, no circuito, ficou direcionada para Vcc (5 V) do Arduino e, geralmente, ele era colocado invertido, o que interrompia o funcionamento do circuito.

[WhatsApp] A5G2: o led não liga, e o rele não faz o estralo.

[WhatsApp] deive: me manda uma foto.

[WhatsApp] A5G2: estou mandando um vídeo

[WhatsApp] deive: acho que é o diodo, tenta inverter a posição dele.

[WhatsApp] A5G2: deu, agora vou tentar trabalhar com a bomba.

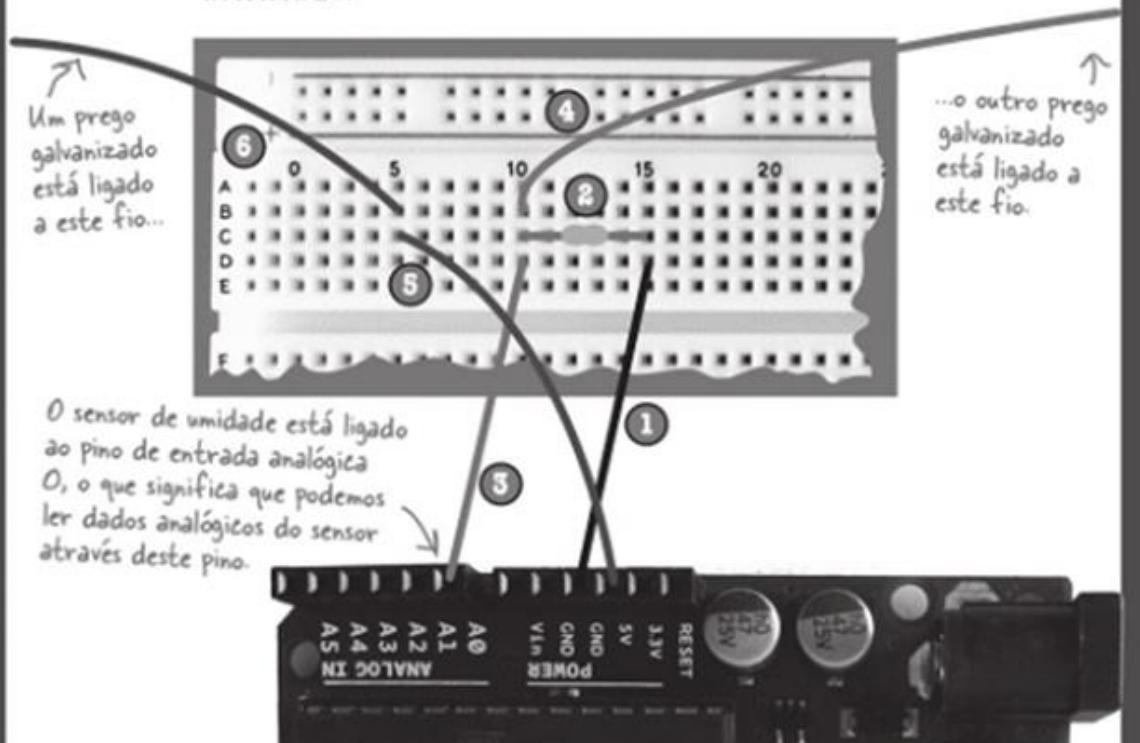
Com o circuito de proteção construído, restava ao grupo implementar o sensor de umidade de solo. O que não foi complicado, pois seguiram a montagem apresentada por Griffiths e Griffiths (2013), Figura 52.

Figura 52 – Sensor de umidade de solo

### Conekte o sensor de umidade

Conekte o sensor de umidade como exibido abaixo:

- 1 Conecte um jumper wire curto do pino GND do Arduino na abertura D15 da matriz de contatos.
- 2 Conecte o resistor de 10K Ohm da abertura C15 da matriz de contatos na abertura C10.
- 3 Conecte um jumper wire curto do pino de entrada analógica 0 na abertura D10 da matriz de contatos.
- 4 Pegue um dos pregos galvanizados e conecte o fio ligado a ele na abertura B10.
- 5 Conecte um jumper wire curto do pino 5V do Arduino na abertura C5 da matriz de contatos.
- 6 Pegue o outro prego galvanizado e conecte o fio ligado a ele na abertura B5.



Fonte: adaptado de Griffiths e Griffiths (2013, p. 211)

Tomando como referência o resistor de 10 Kohm, ligamos uma das “pernas” dele ao GND do Arduino, na outra, conectamos um dos pinos analógicos do Arduino e, ainda, conectamos um dos pregos que servem de sensor. Conectamos o outro prego ao Vcc de 5 volts do Arduino. Os autores falam para usarmos pregos galvanizados, mas tivemos que lixar a parte galvanizada, pois estava interferindo na condução da eletricidade. O problema é que, ao lixar o prego, tem um processo de oxidação que também interfere na leitura da resistência elétrica. Descobrimos que para evitar tais problemas deve-se usar prego ou haste de inox. A Figura 53 mostra a programação desse circuito.

Figura 53 – Programação do sensor de umidade de solo

```
const int analogInPin = A1; // declara a entrada analógica em -Analog input
int sensorValue = 0;      // pega o valor da porta A0
int Porcento = 0;         // converte o valor em porcentagem
void setup() {
    Serial.begin(9600); // inicializa a comunicação serial em 9600 bps:
}
void loop() {
    // lê a porta analógica
    sensorValue = analogRead(analogInPin); 1
    // a função map faz um regra de três simples
    //mais informações sobre a função:
    // map http://renatoaloi.blogspot.com.br/2013/12/funcao-map-do-arduino.html
    Porcento = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 100); 2
    //mostra a porcentagem
    Serial.print(Porcento);
    Serial.println("%");
    //dá um pausa de um segundo
    delay(1000);
}
```

Fonte: adaptado de Griffiths e Griffiths (2013, p. 211)

A “variável `sensorValue` armazena o valor lido pela função `analogRead`, a qual retorna um número entre 0 e 1.023 inclusive, com 0 representando 0 volts e 1.023 representando 5 volts” (EVANS, NOBLE e HOCHENBAUM, 2013, p. 74, grifos do autor). Em nossa programação usamos a função matemática do Arduino `map(valor, Mínimoatual, Máximoatual, Novomínimo, Novomáximo)`, ela

Toma um número que está dentro de uma faixa de valores [ $Mínimo_{atual}$  e  $Máximo_{atual}$ ] e o converte em um número que está dentro de outra faixa de valores [ $Novo_{mínimo}$  e  $Novo_{máximo}$ ]. O primeiro argumento [ $valor$ ] é o número que será convertido. O segundo e terceiro [ $Mínimo_{atual}$  e  $Máximo_{atual}$ ] são os limites da faixa de valores originais. Os dois últimos números [ $Novo_{mínimo}$  e  $Novo_{máximo}$ ] são os limites da faixa de valores convertidos. Essa função é útil quando se deseja mudar a faixa de valores de uma entrada analógica (MONK, 2013, p. 98).

Por essa função convertemos os valores analógicos de 0 a 1.023 para porcentagem de umidade do solo, um intervalo de 0 a 100%. Segundo Arduino (2016), o modelo matemático de conversão de intervalos diferentes é dado pela função:

$$map(valor, Mi_a, Ma_a, N_{mi}, N_{ma}) = \left[ (valor - Mi_a) * \frac{(Ma_a - Mi_a)}{(N_{ma} - N_{mi})} \right] + N_{mi}$$

Em que:

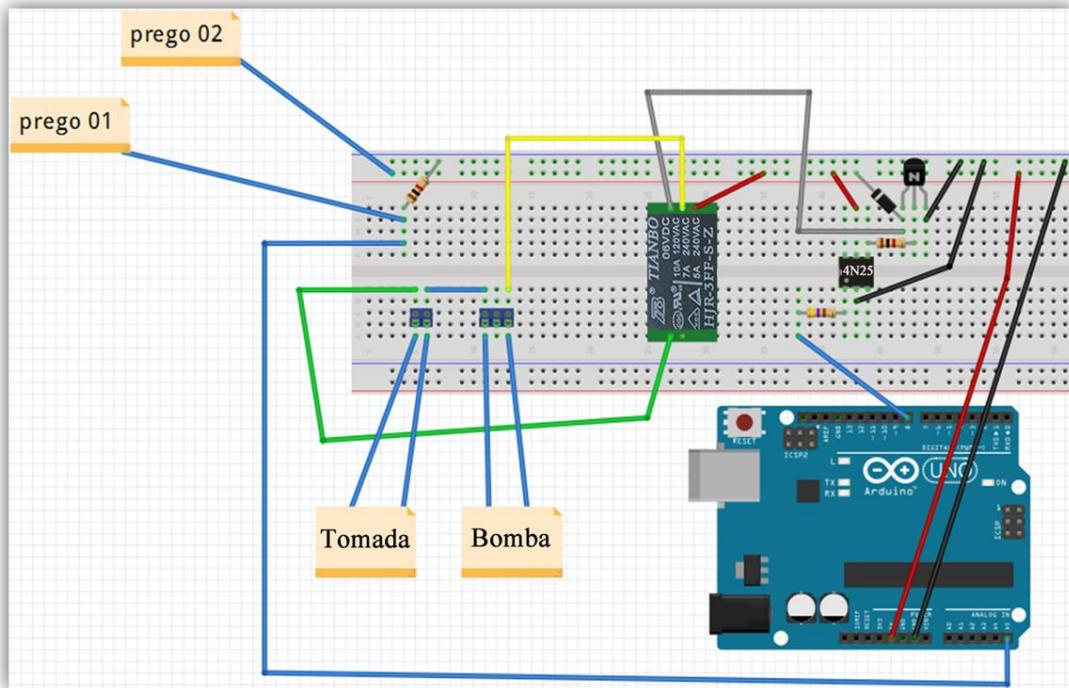
- $valor$ : é o número a ser convertido;
- $Mi_a$ : limite inferior do intervalo de valores atuais;
- $Ma_a$ : limite superior do intervalo de valores atuais;
- $N_{mi}$ : limite inferior do novo intervalo de valores a ser mapeados;
- $N_{ma}$ : limite superior do novo intervalo de valores a ser mapeados.

Em nosso contexto,  $Mi_a, Ma_a, N_{mi}, N_{ma}$  são valores que não se alteram e as variáveis  $valor$  e  $map$  se alteram conforme a quantidade de água no solo. Embora essa função receba qualquer valor numérico ( $valor \in \mathbb{R}$ ), ela só retorna valores inteiros maiores ou iguais a zero ( $map \in \mathbb{N}$ ).

Note na Figura 53 o valor  $Máximo_{atual}$  deveria ser 1.023, o que corresponderia a 100%, no entanto, a água tem uma resistência elétrica, então há a necessidade de calibrar o sensor de umidade ao solo em que ele será inserido. Segundo Roque (2008), cada solo tem uma composição geológica diferente, tais como fluido e mineral, a porosidade e o grau de saturação em água. Nesse contexto, de acordo com os dizeres de Gbkrobotics (2016, p. 1) para “[...] efetuar a calibração do sensor de umidade você vai precisar de um copo com água, de preferência a mesma água que você utiliza para molhar suas plantas; utilizaremos esta água para calibrar o maior valor de “umidade” que o sensor é capaz de ler”. No nosso caso, o valor  $Máximo_{atual}$  foi de 711, nesse valor a terra está muito úmida. O valor na calibragem foi obtido com os pregos distando cinco centímetros um do outro. Essa é uma hipótese simplificadora, uma vez que a distância entre os pregos interfere na resistência elétrica do solo, ou seja, a distância entre os pregos deve ser constante e igual a cinco centímetros, nosso caso.

Com as duas partes implementadas, bastou uni-los em um único circuito de umidades do solo feitos com os pregos, com o uso de optoacoplador, transistor, diodo e relé, para termos o circuito de irrigação por sensor de umidade do solo. Na montagem final, substituímos o relé *LU-5-R-Rayex* pelo relé *HJR-3FF-S-Z – Tianbo*, como vemos na Figura 54.

Figura 54 – Circuito elétrico para ligar bomba d’água



Fonte: Adaptado de Aloi (2012)

Em vez de ligarmos o relé a um LED, conectamos um terminal à tomada de 110 volts e outro, num dos fios da bomba d’água. O fio da tomada que sobrou foi conectado com o outro da bomba d’água, como podemos observar na Figura 54. Juntamos as duas programações, a qual ficou como mostramos na Figura 55.

Figura 55 – Programação do sensor de umidade para ligar a bomba d’água

```

1 //programação do robô irrigador
2 int analogInPin = A5; // declara a entrada analógica em -Analog input
3 //define a porta a ser utilizada para o acionamento do rele
4 int ligaOp = 8;
5 int sensorValue = 0; // pega o valor da porta A0
6 void setup() {
7     // inicializa a comunicação serial em 9600 bps:
8     Serial.begin(9600);
9     //Define o pino como saída
10    pinMode(ligaOp, OUTPUT);
11    digitalWrite(ligaOp, LOW);
12 }
13 void loop() {
14     // lê a porta analógica
15     sensorValue = analogRead(analogInPin);
16     // a função map faz um regra de três simples
17     int Porcento = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 100);
18     //mostra a porcentagem
19     Serial.print(Porcento);
20     Serial.println("%");
21     Serial.println(digitalRead(ligaOp));
22     if(Porcento <=60){
23         Serial.println("Irrigando..");
24         if (!digitalRead(ligaOp)){
25             //Aciona o rele
26             digitalWrite(ligaOp, HIGH);
27             Serial.println("ligou led..");
28         }
29     }
30     }else{
31         Serial.print("sua planta foi irrigada");
32         if (digitalRead(ligaOp)){
33             //Desliga o rele
34             digitalWrite(ligaOp, LOW);
35             Serial.println("DESligou led..");
36         }
37     }
38 //dá um pausa
39 delay(1000);
40 }
```

Fonte: Adaptado de Aloí (2012)

A mudança nessa programação se deve à inclusão de duas condições: a primeira, na linha 22, em que pedimos ao Arduino para que, se houvesse uma porcentagem de umidade do solo abaixo de 60%<sup>26</sup> e caso ela não estivesse ligada, outra condição escrita na linha 24, ligasse a bomba d’água, linha 26. Contudo, se a umidade do solo, lida, fosse maior que os 60%, linha 30, e a bomba d’água ainda estivesse ligada, linha 32, então desligasse a bomba d’água, linha

<sup>26</sup> Para a escolha do valor de 60% não houve nenhuma investigação, pois o tempo não nos permitiu estudar a porcentagem de umidade em diferentes tipos de solos, bem como de diferentes tipos de plantas.

34. Algumas dúvidas surgiram, por parte dos participantes, ao trabalhar com o circuito completo durante a montagem:

[WhatsApp] A5G2: deive o fio branco e o positivo né?  
 [WhatsApp] deive: Bomba e tomada não tem polaridade  
 [WhatsApp] A5G2: então não tem nada haver, né?  
 [WhatsApp] deive: não  
 [WhatsApp] deive: Não esquece de colocar fita isolante  
 [WhatsApp] A5G2: está tudo isoladinho  
 [WhatsApp] A5G2: ai deive, tem o conector da tomada, ele tem 3 entrada. Eu coloco os fios nas duas do canto?  
 [WhatsApp] deive: Sim, se os fios do Arduino estiverem na extremidade.  
 [WhatsApp] A5G2: pronto deive, agora e só pôr na tomada.

É importante dizer que o grupo montou o circuito em casa, usando uma bomba para aquário, pois a corrente contínua é mais segura. Depois, na escola, montamos a bomba d'água de 110 volts, podemos, ainda, dizer que o medo de estragar alguma coisa foi algo comum aos participantes, tanto A1G1 e A5G2 mostraram-se preocupados com o que poderia acontecer com o protótipo se houvessem errado na montagem:

[WhatsApp] A5G2: o que pode acontecer se der errado?  
 [WhatsApp] deive: Não funcionar ou queimar  
 [WhatsApp] A5G2: sério???? Vou ligar isso então não!  
 [WhatsApp] deive: Se não cruzo os fios não dá nada não  
 [WhatsApp] A5G2: aí deive eu tenho que ligar o Arduino primeiro depois colocar a bomba na tomada?  
 [WhatsApp] deive: Sim.  
 [WhatsApp] A5G2: está funcionando direitinho ✌️  
 [WhatsApp] deive: deu certo, então!  
 [WhatsApp] A5G2: sim, só que a bomba está ligando errado. Tipo quando tanto faz o os pregos estarem juntos ou separados a bomba liga da mesma forma. Me ajuda que já não sei mais o que fazer??  
 [WhatsApp] deive: Me manda um vídeo.  
 [WhatsApp] A5G2: tá estou enviando.  
 [WhatsApp] deive: Acho provável que seja um dos fios do relé, ou na programação.  
 [WhatsApp] deive: Ahh, é programação que está errada está a do led, veja aí que a bomba está ligando e desligando não segundo os pregos, mas sim considerando um certo tempo. Muda a programação.  
 [WhatsApp] A5G2: Eu sei, é aquela programação mesmo.  
 [WhatsApp] deive: acho que já sei, o erro está na Protoboard. Existem Protoboard que a ligação do Vcc na horizontal não é de ponta a ponta você tem que colocar jumper, faz o seguinte, na trilha onde está ligado o Vcc coloca um jumper ligando uma ponta da trilha a outra, que vai funcionar.  
 [WhatsApp] A5G2: não entendi, manda uma foto.  
 [WhatsApp] deive: ok, veja aí. E me fala se deu certo.  
 [WhatsApp] A5G2: Sim, acho que deu certo. Agora sim, está funcionando direitinho ✌️

Observamos, nos dizeres, que os dados, informações e conhecimento que nos levam a uma *práxis criadora* “costuma ser [...] o ato catastrófico do parto que ocorre como resultado de

um longo período de gestação e desenvolvimento do feto” (VIGOTSKI, 2009, p. 35), em que o “intelectual e o emocional – revelam-se igualmente necessários para o ato de criação. Tanto o sentimento quanto o pensamento movem a criação humana” (VIGOTSKI, 2009, p. 30). Desse ponto de vista, o emocional e o intelectual são igualmente responsáveis pelo impulso de A5G2 ficar até as 03h09 da manhã, empolgado em interagir com sua criação para que a mesma funcionasse. Constatamos, então, que imbuída de sentimento, a *práxis criadora* impulsiona os sujeitos a um desejo obsessivo pela completude de sua obra; “ela [a obra] precisa tomar forma, tornar-se um produto que possa integrar, de maneira objetiva, a produção coletiva” (VIGOTSKI, 2009, p. 30), por isso, há uma urgência em obter o produto de sua criação. Isso encerra a implementação do Regador Automático e iniciamos os dizeres da implementação da Descarga Digital, o grupo buscava responder ao questionamento: como customizar a tecnologia do aparelho sanitário?

Para responder, o grupo buscou descobrir, na interação com a tecnologia do aparelho sanitário, o funcionamento dos mecanismos de entrada e saída de água da caixa acoplada, mecanismos que apresentamos na Figura 52, na fase de *Design*. É a partir da interação com tais mecanismos que o grupo vislumbrou uma resposta à indagação há pouco realizada. Mas, não nos dois mecanismos, só no mecanismo de saída, uma vez que os estudos na fase de *Design* indicam que é nele que a customização deve ser realizada. Mais especificamente deve-se customizar o botão de disparo, pois vimos que o botão mais comum não faz distinção entre o volume de água consumido para limpar dejetos sólidos de líquidos. É alterando-o que conseguiremos uma economia de água, por menor que seja.

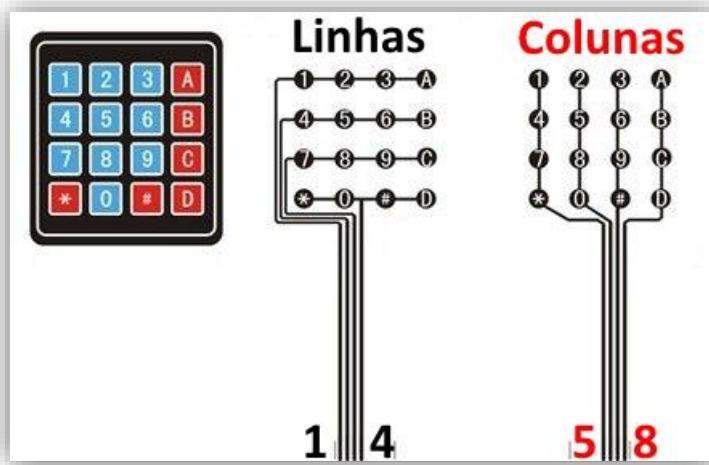
Note que para economizar água negamos a hipótese feita ao observar a interação do sujeito com a tecnologia do aparelho sanitário. Hipótese que diz: “A tecnologia do aparelho sanitário não faz distinção entre volume de água consumida para limpar dejetos sólidos e líquidos”. Sua negação, como vimos, ficou: “A tecnologia do aparelho sanitário faz distinção entre volume de água consumida para limpar dejetos sólidos e líquidos”. Essa hipótese nos levou a concluir que, se construíssemos um botão que nos permita escolher o volume de água para limpar os dejetos líquidos, tal economia é garantida.

Segundo nosso estudo, esse botão teria que nos permitir digitar quantos litros quiséssemos, mas menor que o volume de água contida na caixa acoplada. Nossa ideia, então, foi trocar o botão tradicional por um teclado. Passamos a indagar: qual teclado seria de fácil manuseio e integração com o Arduino? Após uma rápida busca na *internet* descobrimos o Teclado Matricial 4×4, o qual segundo Thomsen (2014, p. 1) “é um componente do Arduino muito utilizado para entrada de dados. Ele possui 16 teclas dispostas em 4 linhas x 4 colunas, e

um conector de 8 pinos para ligação”. Passamos a interagir como esse teclado nos questionando: como será que um Teclado Matricial  $4 \times 4$  funciona?

Como o próprio nome nos diz, esse tipo de teclado tem sua tecnologia desenvolvida pensando no conceito de Matriz, segundo Smole e Diniz (2013, p. 250, grifos das autoras) “**Matriz** do tipo  $m \times n$  (lê-se **m** por **n**) é toda tabela retangular de  $m \cdot n$  números reais dispostos em **m** linhas e em **n** colunas”. Quando temos  $m = n$ , diz-se que a matriz é quadrada de ordem  $n$ , ou simplesmente, matriz  $n \times n$  (SMOLE E DINIZ, 2013), por isso o nome Teclado Matricial  $4 \times 4$ . As linhas são representadas pelos pinos de um a quatro, já as colunas, pelos pinos de cinco a oito. Esse teclado tem 16 botões, os quais, quando pressionados, fazem uma conexão entre linha e colunas. Um exemplo, se a tecla “A” for pressionada, “será feita a conexão entre os pinos 1 (linha 1) e 8 (coluna 4), se pressionarmos a tecla 7, será feita uma conexão entre os pinos 3 (linha 3) e 5 (coluna 1), e assim por diante”( THOMSEN, 2014, p. 1). A Figura 56 mostra essas conexões.

Figura 56 – Teclado matricial



Fonte: Thomsen (2014, p. 1)

Observando a figura e o conceito de matriz, a partir deles podemos expressar os botões desse teclado em matriz e criar uma relação entre a posição e a conexão entre os pinos que devem ser acionados quando a tecla for pressionada pelo usuário, a representação da posição da tecla pressionada ( $a_{ij}$ ) segue a escrita de uma matriz, desse modo:

$$Tp = (a_{ij})_{n \times n}$$

Com  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq n$ , e  $i, j \in \mathbb{N}$ ;  $i$  e  $j$  são linhas e colunas da posição da tecla pressionada;  $Tp$  é a matriz de teclas a serem pressionadas;  $a_{ij}$  é a posição das teclas e  $n \times n$  a dimensão de linhas e colunas do teclado. A partir dessa escrita, podemos encontrar os pinos a

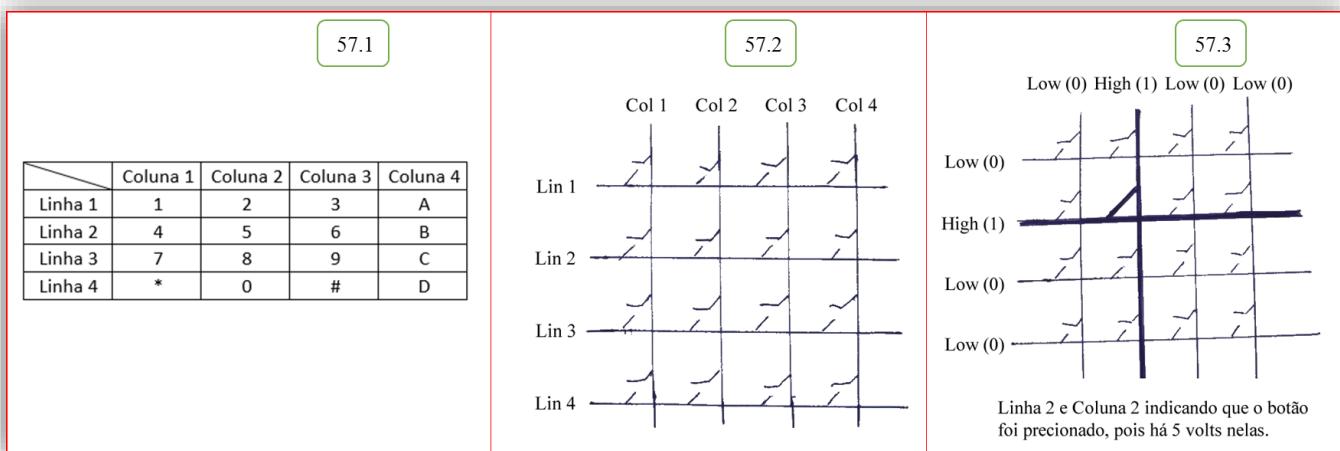
serem acessados. Os pinos das linhas ( $p_l$ ) são a própria posição  $i$  da linha, já os pinos das colunas ( $p_c$ ) podem ser encontrados como:  $p_c = j + n$ , em que  $j$  é a posição da coluna e  $n$  o número de colunas da matriz. Assim, temos:

- “1” =  $(a_{11})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 1$  e  $p_c = j + n = 1 + 4 = 5$  do teclado;
- “2” =  $(a_{12})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 1$  e  $p_c = j + n = 2 + 4 = 6$  do teclado;
- “3” =  $(a_{13})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se:  $p_l = 1$  e  $p_c = j + n = 3 + 4 = 7$  do teclado;
- “A” =  $(a_{14})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 1$  e  $p_c = j + n = 4 + 4 = 8$  do teclado;
- “4” =  $(a_{21})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 2$  e  $p_c = j + n = 1 + 4 = 5$  do teclado;
- “5” =  $(a_{22})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 2$  e  $p_c = j + n = 2 + 4 = 6$  do teclado;
- “6” =  $(a_{23})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 2$  e  $p_c = j + n = 3 + 4 = 7$  do teclado;
- “B” =  $(a_{24})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 2$  e  $p_c = j + n = 4 + 4 = 8$  do teclado;
- “7” =  $(a_{31})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 3$  e  $p_c = j + n = 1 + 4 = 5$  do teclado;
- “8” =  $(a_{32})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 3$  e  $p_c = j + n = 2 + 4 = 6$  do teclado;
- “9” =  $(a_{33})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 3$  e  $p_c = j + n = 3 + 4 = 7$  do teclado;.
- “C” =  $(a_{34})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 3$  e  $p_c = j + n = 4 + 4 = 8$  do teclado;.
- “\*” =  $(a_{41})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 4$  e  $p_c = j + n = 1 + 4 = 5$  do teclado;
- “0” =  $(a_{42})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 4$  e  $p_c = j + n = 2 + 4 = 6$  do teclado;
- “#” =  $(a_{43})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 4$  e  $p_c = j + n = 3 + 4 = 7$  do teclado;

- “D” =  $(a_{44})_{4 \times 4}$ . Para pressionar o número um, deve-se habilitar:  $p_l = 4$  e  $p_c = j + n = 4 + 4 = 8$  do teclado;

Pode-se representar os dizeres acima pela Figura 57, que embora tenha como acessar todas as teclas do referido teclado, usamos só as teclas de um a nove, descartando as demais, pois o volume de água de nossa caixa acoplada era o maior volume utilizado, nove litros, uma vez que a norma da ABNT recomendava um volume menor, de seis litros.

Figura 57 – Funcionamento do Teclado matricial 4x4



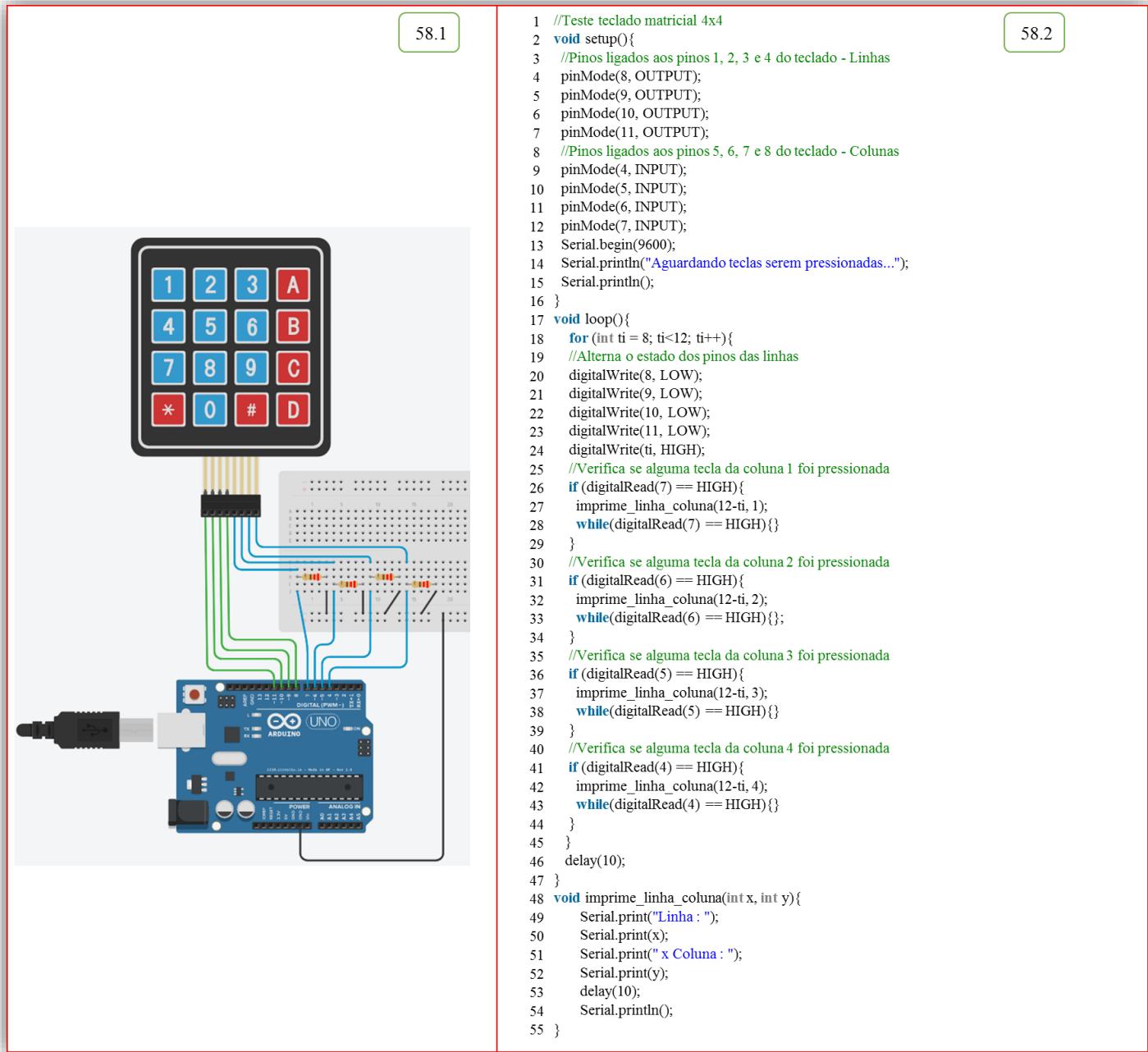
Fonte: adaptado de Xian (2016)

A figura mostra que existe um interruptor que liga cada linha e coluna. Inicialmente, todos os interruptores estão desligados (não conectados), Figura 57.2. Quando se pressiona um dos botões, o interruptor muda o estado para ligado (conectado), Figura 57.3. Assim, cria-se uma conexão entre a linha e a coluna, passando uma tensão elétrica. Essa figura mostra modelos simbólicos do teclado, tais modelos nos ajudam tanto na fase de *Design* como na fase de programação, pois nos possibilita perceber o funcionamento do teclado. Para a construção do circuito foi usado o Arduino Uno, quatro resistores de 220 ohms e nove *jumpers* (fios) para conexão entre o Arduino e o teclado. Um dos problemas que encontramos ao usar esse tipo de teclado é que se usam oito pinos digitais do Arduino para controlar o teclado, quatro para linhas e os outros, para coluna.

Como visto na Figura 56, os quatro primeiros pinos da esquerda para direita do teclado são as linhas e outros quatros representam as colunas. No circuito, colocamos os pinos oito, nove, dez e onze, do Arduino para controlar os pinos linhas (1, 2, 3 e 4) do teclado, como podemos observar na Figura 58.1, esses pinos são configurados na programação como pinos de saída (OUTPUT). Tal configuração é que responderá se há ou não tensão elétrica passando pela

linha para sabermos se o botão está pressionado ou não. Já os pinos colunas (5, 6, 7 e 8) foram conectados nos pinos sete, seis, cinco e quatro do Arduino, na programação eles foram configurados como pinos de entrada (INPUT), quando o usuário clicar em um botão, são esses pinos que dirão ao Arduino para mudar as tensões elétricas das linhas de zero para cinco volts, indicando que o botão foi pressionado, Figura 58.1.

Figura 58 – Circuito Teclado 4x4



Fonte: adaptado de Thomsen (2014)

O circuito dessa figura foi pensado para substituir o botão de disparo do volume de água da caixa acoplada da tecnologia do aparelho sanitário, em sua fase de Programação, o protótipo foi definido nas doze primeiras linhas de código, cujos pinos digitais escolhidos para serem linhas foram (8, 9, 10 e 11) e colunas (4, 5, 6 e 7) no Arduino. Na linha treze habilita-se o processo de comunicação entre o Arduino e o computador(ou outro dispositivo) a que ele está conectado (`Serial.begin(9600)`). Esses 9600 são chamados de *Baud rate*:

Baud rate é o número de vezes que um sinal em um canal de comunicação muda seu estado, ou varia. Por exemplo, 2400 baud rate, significa que o canal pode mudar o estado até 2400 vezes por segundo. O termo “mudar estado” significa que ele pode variar de 0 para 1 ou de 1 para 0 até X vezes (nesse caso 2400) por segundo. Isto também refere-se ao estado atual da conexão, como voltagem, frequência ou nível de fase (TRENTIN, 2012, p.1).

Segundo esse autor, pode-se relacionar *Baud rate* (baud por segundos) com *Bit rate* (bps-bit por segundos):

$$\text{bps} = \text{baud por segundo} \cdot \text{número de bits por baud}$$

Mas no Arduino “cada baud transmite somente um bit. Somente uma mudança no estado é requerida para enviar um bit” (TRENTIN, 2012, p.1). Assim, a taxa de bps em um Arduino é igual à taxa *baud*. No nosso caso, quando um *baud rate* de 9600 é usado, está definida que a transmissão de dados em série será de 9600 bits por segundo, ou seja, no Arduino *baud* por segundos é igual a bits por segundo. O Arduino utiliza uma destas taxas: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 ou 115200; embora possam se configurar outros *baud rate* (ARDUINO, 2016).

Exposto o substituto do botão de disparo da tecnologia do aparelho sanitário, consideramos mais viável substituir também o castelo e a corrente. O primeiro foi substituído por um servomotor. Segundo Evans, Noble e Hochenbaum (2013, p. 142) “um servomotor é um motor de engrenagem que pode ser configurado para girar em um determinado ângulo, usualmente entre 0 e 180 graus, e é normalmente alimentado por uma tensão em torno de 4,8 volts”. Usamos o “Micro Servomotor 9g SG90 Tower Pro” e suas especificações são:

- Voltagem de Operação: 3,0 - 7,2V
- Ângulo de rotação: 180 graus
- Velocidade: 0,12 seg/60Graus (4,8V) sem carga
- Torque: 1,2 kg.cm (4,8V) e 1,6 kg.cm (6,0V)
- Temperatura de Operação: -30C ~ +60C
- Tipo de Engrenagem: Nylon

- Tamanho cabo: 245mm
- Dimensões: 32 x 30 x 12mm
- Peso: 9g

Para aprendermos seu funcionamento, usamos inicialmente o servomotor no Arduino, controlado por dois botões conectados por resistores de 10 Kohms. A Figura 59 apresenta o circuito construído, bem como sua programação. Na fase de programação optamos por usar uma *classe* do servomotor 9g SG90, chamada “Servo.h”. Segundo Monk (2013, p. 132, grifos do autor) uma *classe* é “como uma seção de um programa, incluindo variáveis –denominadas *variáveis membro*”. Em nosso caso, essa *classe* nos serviu como uma biblioteca de códigos já prontos, com o intuito de facilitar o trabalho de programação.

Figura 59 – Conhecendo o servomotor 9g SG90

59.1
59.2

```

1 // Programa : Controlando o servo com 2 botões
2 #include <Servo.h>
3 Servo servoMotor;
4 int botaoEsquerdo=5; //Pino a ser ligado no botão da esquerda
5 int botaoDireita=7; //Pino a ser ligado no botão da direita
6 int portaMotor = 9; //Pino a ser ligado no servo motor
7 void setup() {
8 // Pino de dados do servo conectado ao pino 9 do Arduino
9 servoMotor.attach(portaMotor);
10 //Define o pino como entrada
11 pinMode(botaoEsquerdo, INPUT);
12 digitalWrite(botaoEsquerdo, HIGH);
13 pinMode(botaoDireita, INPUT);
14 digitalWrite(botaoDireita, HIGH);
15 servoMotor.write(1);
16 }
17 void loop() {
18 int val;
19 //Le o valor da botão Esquerdo (On/Off)
20 val=digitalRead(botaoEsquerdo);
21 //Caso o botão seja pressionado, movimenta o servo
22 if(val!=1) {
23 servoMotor.write(179); //Move o servo para o angulo de 179 graus
24 delay(15); //Delay para o servo atingir a posição
25 }
26 //Le o valor da botão Direita (On/Off)
27 val=digitalRead(botaoDireita);
28 //Caso o botão seja pressionado, movimenta o servo
29 if(val!=1) {
30 servoMotor.write(1); //Move o servo para o angulo de 1 graus
31 delay(15);
32 }
33 }
34 }
```

Fonte: Adaptado de Arduino e Cia (2013)

As três primeiras linhas estão incluindo e inicializando a classe “Servo.h”. Nas linhas de quatro a seis estamos definindo quais pinos do Arduino vamos usar, nesse caso, usamos os pinos cinco e sete para os botões e pino nove para o servomotor. Na linha nove usamos o método “servoMotor.attach” da referida classe para dizer ao Arduino e ao servomotor que usem o pino nove para se comunicarem. Nas linhas de 11 a 14 definimos os pinos dos botões com entrada (INPUT). Na linha seguinte colocamos o servomotor na posição de um grau, posição que pode ser vista na Figura 54.1. Nas linhas 18, 20 e 27 trabalhamos com uma variável inteira (val) para saber o estado do botão, se foi ou não pressionado. Nas linhas 22 a 25, bem como nas linhas 29 a 32 usamos uma estrutura de decisão (if) para quando o usuário clicar no botão da esquerda o servomotor se mover até posição 179 graus, caso clique no outro botão ele se move para um grau.

Esses pequenos projetos que entrelaçam a fase de *Design* e Implementação do protótipo foram feitos nos encontros. Em um deles, em 10/05/2015, discutimos com as participantes A1G1 e A2G1 como afixaríamos o servomotor. A1G1 deu a ideia: “*vamos substituir a tampa da caixa por uma que vá até a metade. Podemos pedir para mãe da A8G3, ela tem uma vidraçaria, aí colamos o servomotor na tampa*” (NOTA DE CAMPO). O professor PMGMA ficou responsável por pedir a tampa de vidro:

[WhatsApp] PMGMA: A8G3! O Deive precisa de um pedaço de vidro 6mm para o trabalho da descarga. Você pode arrumar para nós? Depois acerto contigo. Você pode confirmar medidas com o Deive?

[WhatsApp] PMGMA: Alô Deive! Você pode confirmar as medidas aqui do vidro aqui?

[WhatsApp] A2G1: Eu tenho as medidas 21x20x0,6 cm

[WhatsApp] PMGMA: Olá A8G3! Essas são as medidas do vidro.

A resposta rápida de A2G1 se deu, pois o grupo tinha recebido a caixa acoplada de vidro e estava medindo a caixa, a Figura 60 mostra alguns detalhes dessa tarefa. Nas primeiras medidas com a trena, houve uma confusão com as unidades de medidas, pois essa ferramenta possui unidade de medida em metros e também polegadas. A primeira medida foi com polegadas, mas logo perceberam que os valores estavam estranhos, uma vez que eram diferentes dos valores obtidos pela régua escolar. A Figura 60.3 mostra A1G1 medindo Alavanca com a trena para comparar com os valores obtidos com a régua. E na Figura 60.2, medindo as laterais da caixa acoplada, pois estávamos conferindo as medidas e, como ela tinha o formato geométrico distinto da caixa real, aproximamos uma pelo modelo de um tronco de pirâmide e a outra, por um modelo de paralelepípedo reto retângulo ou um prisma reto cujas bases são

retângulos (Smole e Diniz, 2013). Nesse prisma, A3G1 usou a trena para medir as dimensões da caixa, que eram 40 cm de comprimento, 21 cm de largura e a altura, queríamos calcular para um volume de água de 9 litros ou 9000 cm<sup>3</sup>. Facilmente o grupo encontrou a altura usando o modelo descrito por Smole e Diniz (2013, p. 195): “O volume de um prisma é igual ao produto da área da sua base pela medida da altura relativa a essa base”. Assim fizemos:

$$V(h) = A_b \cdot h$$

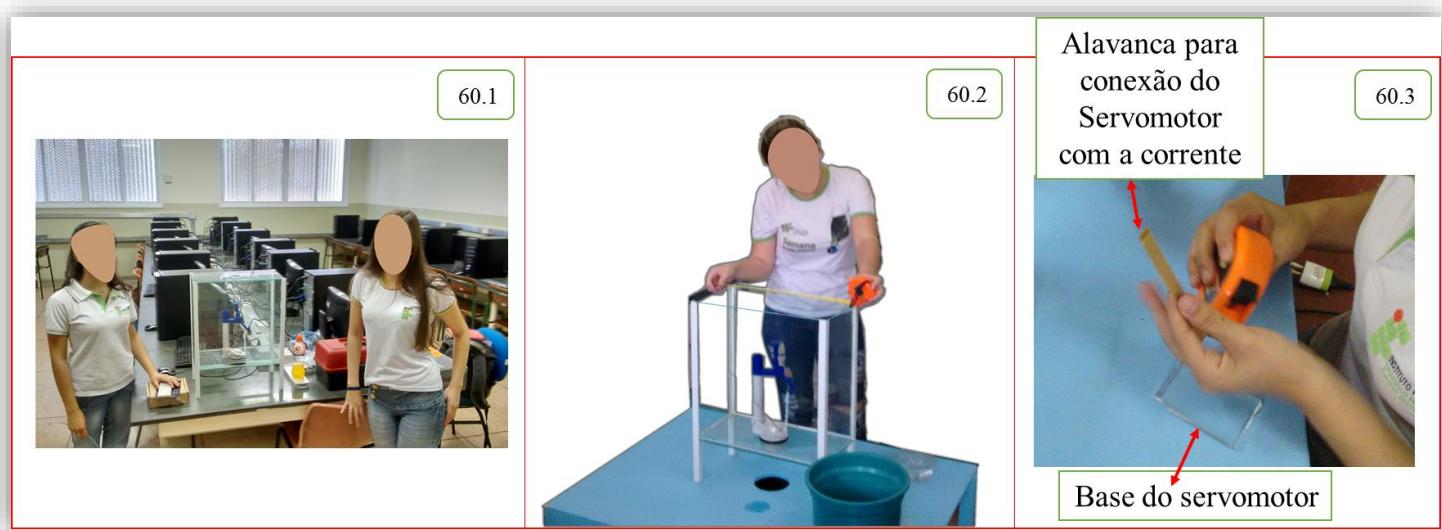
$$9000 = 840 \cdot h$$

$$\frac{9000}{840} = h$$

$$10,7 \text{ cm} \approx h$$

O grupo marcou a medida com uma fita adesiva autocolante crepe, para que não tivessem a necessidade de ficar medindo toda vez que fossem encher, manualmente, a caixa de descarga de vidro.

Figura 60 – Customização da caixa acoplada



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

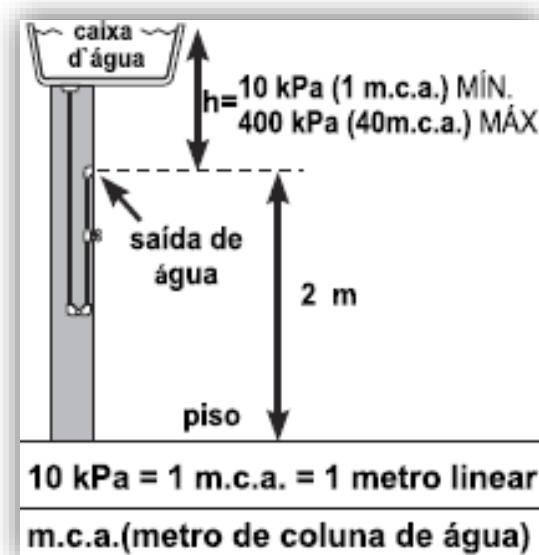
Essa figura mostra quando recebemos a caixa acoplada e nossa prática de customizá-la às nossas necessidades. A Figura 60.1 são as participantes A1G1 e A2G1 colocando o mecanismo de saída na caixa acoplada. No processo de customização, na fase de *Design*, A1G1, após sugerir que mudássemos a tampa, sugeriu também que colocássemos uma base entre a nova tampa e o servomotor, para dar a altura da haste de metal que iria substituir a corrente do obturador. Colocamos, ainda, uma alavanca para conexão do servomotor com a haste de metal, a Figura 60.3 mostra a alavanca e base que a A1G1 conseguiu com o pai dela. A ideia inicial

foi soldar a haste ao servomotor, mas logo foi descartada, pois o grupo viu que ao invés de subir e descer, se soldada, ela iria inclinando conforme o servomotor girasse. Então, surgiu a ideia de imitar um rolamento na haste, fazendo um furo um pouco maior na alavanca, Figura 60.3, e depois de atravessar a haste, colocamos uma trava para que saísse ao movimentar, assim quando o servomotor girasse a haste, mantendo-se na vertical, subiria e desceria como queríamos.

Desse contexto, só nos restava unir a investigação do teclado matricial 4x3, Figura 58, ao estudo do servomotor, Figura 59, para dar vida à criação que o grupo “Water World 2015” pretendia. Há, ainda, alguns dizeres sobre a Descarga Digital, depois de acabada, que está na fase de “A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo”, agora passamos a discutir a implementação do *Chuveiro Inteligente*.

Para construir o *Chuveiro Inteligente* nos deparamos com o problema da intensidade da corrente elétrica que o chuveiro *Lorenzetti Maxi Ducha* consome para funcionar, como vimos  $I = 25 A$ . As participantes A7G3, A8G3 e A9G3 buscaram a informação com o eletricista, que faria a instalação elétrica dos stands para o evento da instituição. A8G3 nos disse: “*o rapaz do stand disse que podia colocar uma tomada com no máximo 1A*”(NOTA DE CAMPO). Outro problema, foi a pressão que esse chuveiro exigia, segundo o manual de instalação, Lorenzetti (2011), ele necessita que água esteja a um metro de altura de onde o mesmo for instalado, Figura 61.

Figura 61 – Consumo de água do chuveiro inteligente



Fonte: Lorenzetti (2011)

Esses problemas fizeram com que o grupo trabalhasse na construção de um protótipo que simulasse o chuveiro, mas que pudesse ser substituído pelo chuveiro facilmente. A solução

encontrada foi usar uma bomba submersa Sunsun HJ-311 para aquário, a qual tinha as seguintes características:

- Potência: 2W
- Tensão elétrica: 220 V
- Coluna máxima: 60cm
- Vazão máxima: 300 l/h
- Peso: 0.10kg
- Dimensões: 50x43x46mm
- Corrente elétrica: 9,1 Miliampère (mA)

A implementação do protótipo desse grupo foi a mais tranquila, pois usamos o que já tínhamos desenvolvido no grupo “Árvore da vida-ifm”, no que tange à construção do circuito elétrico para ligar a bomba d’água na Figura 54. Nesse circuito foi retirado o sensor de pregos que nele existia, mas a funcionalidade de ligar e desligar um aparelho de alta voltagem (220V) permaneceu a mesma, por isso não vamos falar sobre essa construção, uma vez que já está registrado no outro grupo. Contudo, o *software* é outro e bem mais simples. Na Figura 62 apresentamos o protótipo e sua programação.

Figura 62 – Protótipo que simula o chuveiro inteligente



**62.1**

Software

Arduino

Bomba de aquário

Ducha

```

1 //ligando o chuveiro
2 int chuveiro = 13;
3 //fim da bomba d'água
4 void setup() {
5   //chuveiro
6   pinMode(chuveiro,OUTPUT);
7   //chuveiro ligado por dois minutos
8   digitalWrite(chuveiro,HIGH);
9   delay(120000);
10  //chuveiro desligado por três minutos
11  digitalWrite(chuveiro,LOW);
12  delay(180000);
13  //chuveiro ligado por três minutos
14  digitalWrite(chuveiro,LOW);
15  delay(180000);
16  //chuveiro desligado
17  digitalWrite(chuveiro,LOW);
18 }
19
20 void loop() {
21   //não repete
22 }
```

**62.2**

Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Note que nas linhas 9 a 16, a programação diz que o chuveiro deverá ligar por dois minutos, desligar por três minutos, ligar por mais três minutos e, finalmente, desligar permanentemente. Para refazer o processo, usamos o botão de *reset* do Arduino. Por falta de tempo não colocamos um sistema de teclado como feito pelo grupo “Natureza Blue”, pois aí

poderíamos controlar a automação por senha, o que deixaria o protótipo mais condizente com proposta social inicial de controlar o tempo do banho.

Essa parte que denominamos “A Modelagem Matemática da Implementação do Protótipo” está entrelaçada com a fase de *Design*, pois pode-se estudar matematicamente os componentes eletrônicos antes de construir a tecnologia. Contudo, nossos grupos foram indo e vindo no processo de *Design* e Implementação, por isso os modelos matemáticos dos componentes eletrônicos estão registrados nessa fase, bem como da programação que o circuito necessitava para seu funcionamento. Segundo Bassanezi (2002), quando a Modelagem Matemática é empregada na Educação “o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado”(BASSANEZI, 2002, p. 38). No caso de nossos grupos, os modelos matemáticos interferem na escolha dos componentes eletrônicos como podemos observar na implementação dos grupos. A implementação mais complexa e mais em possibilidades de uso para outras finalidades foi do grupo “Árvore da vida-ifm”, com seu Regador Automático, uma vez que desenvolve uma técnica de controlar máquinas que usam corrente elétrica alternada por meio de dispositivos de corrente elétrica contínua. A Descarga Digital do grupo “Natureza Blue” traz um desafio na implementação do teclado que usa uma boa matemática. Por fim, o Chuveiro Inteligente do grupo “Water World 2015” traz também uma boa discussão dos três modelos matemáticos para potência, além da dificuldade de se trabalhar com correntes elétricas elevadas.

### *5.3.3 A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo*

Essa fase da construção do protótipo foi realizada de forma apressada, tínhamos urgência em terminar os projetos, pois o dia de apresentá-los na Semana Multidisciplinar estava muito próximo. Essa pressa no processo de produção impossibilitou-nos de indagar ou indagamos poucas vezes: “o que acontece se...?”. Um exemplo foi o que ocorreu no primeiro teste de funcionamento do Regador Automático.

Na primeira vez que ligamos o circuito com a bomba d’água HJM 650 nos deparamos com o efeito joule (efeito térmico) em um dos fios que ligava a bomba d’água à energia de 110 V. Segundo Guedes (2016), James Prescott Joule (1818 - 1889) afirmou que "quando uma corrente de electricidade voltaica se propaga ao longo de um condutor metálico, o calor desenvolvido num dado tempo é proporcional à resistência do condutor multiplicada pelo quadrado da intensidade elétrica." (GUEDES, 2016, p. 1). Daí pode-se dizer que o modelo

matemático que expressa a energia elétrica transformada em energia térmica, ao fim de um intervalo de tempo  $\Delta t$  (segundos - s), é:

$$E_{el} = R \cdot i^2 \cdot \Delta t$$

Em que:  $E_{el}$  é a energia elétrica transformada em energia térmica (Joule-J);  $R$  é um dado resistor elétrico ( $\Omega$ );  $i$  é a corrente elétrica (A); e  $\Delta t$  é a variação do tempo (s). O pode ser reescrito como;

$$E_{el} = P \cdot \Delta t$$

Em que  $P$  é a potência elétrica consumida por um resistor (Watts - W). Como os fios são também resistores elétricos, esse efeito se aplica a eles, mas infelizmente não o discutimos, nos faltou percepção. Só vimos o efeito do “resistor [fio] transforma a energia elétrica em energia térmica, ou seja, a potência elétrica consumida por um resistor é dissipada” ( EFEITOJOULE, 2016, p. 1) na forma de calor. Ou seja, a capa plástica do fio derretida e uma breve fumaça que gerou alguns dizeres dos participantes: - “*Opa, fritou! Torrou o fio aqui?*”( A6G2 – NOTA DE CAMPO). A Figura 63 mostra o A6G2 investigando o que deu errado para o circuito soltar fumaça.

Figura 63 – Programação do sensor de umidade para ligar a bomba d’água



Fonte: Adaptado de Aloi (2012)

Podíamos, ainda, ter trabalhado com a segunda lei de Ohm para escolha do fio, nela, temos o seguinte modelo matemático:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

Em que R é a resistência elétrica do fio condutor ( $\Omega$ );  $\rho$  é a resistividade elétrica , uma constante de proporcionalidade característica do material ( $\Omega \cdot m$ ); A é a área da secção transversal do fio condutor ( $m^2$ ); e L é o comprimento do fio condutor (m).

A partir desse poderíamos ter feito um estudo da resistência do fio da bomba d'água. Em nosso caso tínhamos um fio circular de cobre com as seguintes dimensões: diâmetro de 0,6 mm e comprimento de 50 mm, segundo Albuquerque (2016) a resistividade ( $\rho$ ) do cobre é  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ m}\Omega$ . Suponha que a potência elétrica de 340 W seja a potência real da nossa bomba d'água e ficou ligada por 6 segundos, à tensão elétrica de 110 V. Assim, poderíamos ter calculado a resistência de nosso fio:

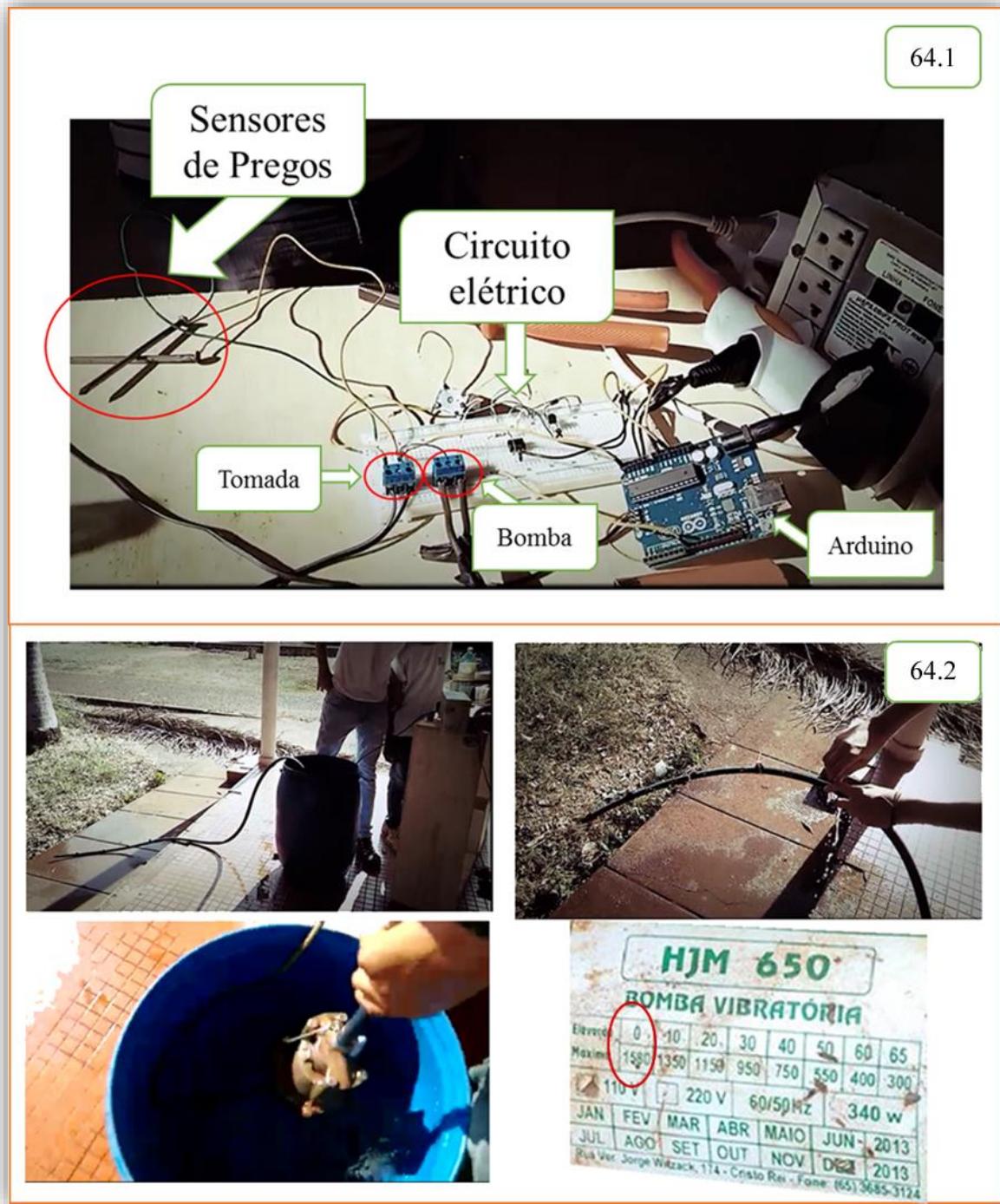
$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-2}}{\pi \cdot (3 \cdot 10^{-4})^2} = \frac{1,7 \cdot 5 \cdot 10^{-10}}{\pi \cdot 9 \cdot 10^{-8}} = \frac{8,5 \cdot 10^{-10} \cdot 10^8}{9\pi}$$

Supondo que  $\pi$  seja igual a 3,14, temos:

$R \approx 0,3 \cdot 10^{-2} \Omega$ , ou  $R \approx 3 \cdot 10^{-3} \Omega$ , ou, ainda,  $R \approx 0,003 \Omega$ . Com essa resistência, teríamos uma potência elétrica de:  $P = \frac{(110)^2}{0,003} \approx 4 \text{ M}\Omega$  (megohm). A energia elétrica transformada em energia térmica ( $E_{el}$ ) seria:  $E_{el} = P \cdot \Delta t = 4 \cdot 6 = 24 \text{ MJ}$  (megajoule). Note que tanto a potência elétrica quanto a energia elétrica transformada em energia térmica é muito elevada, pois o fio era muito pequeno e fino. Assim, não havia outra opção a não ser “fritar”, como disse o participante.

Embora essa discussão não tenha ocorrido na fase de Simulação do protótipo, investigamos a vazão da bomba d'água. Nela, vem afixada uma placa informando que sua vazão é de 1580 litros por hora a zero de elevação. A Figura 64.1 apresenta o protótipo em sua fase de Simulação, nela discutímos que a vazão dava a impressão de ser muito pouca para os 1580 litros por hora, divulgados na placa da bomba, Figura 64.2, fomos investigar se era possível criar uma função do volume em função do tempo, para compararmos a informação divulgada e o que a bomba d'água transportava.

Figura 64 – Teste de funcionamento do sensor de umidade para ligar a bomba d’água



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Segundo Evangelista,(2016), para o cálculo do volume em função do tempo, com uma vazão constante, podemos usar o seguinte modelo matemático:

$$Q = \frac{V(t)}{t} \rightarrow V(t) = Q \cdot t$$

Em que  $V$  é o volume em função do tempo medido em ( $m^3$ ) ;  $Q$  é a vazão medida em ( $m^3/s$ ) e  $t$  é tempo medido em (s). Desse modo, convertendo a vazão da bomba para metros cúbicos por segundo, teremos uma vazão de  $4,38 \cdot 10^{-4} m^3/s$ , dessa forma temos

$$V(t) \approx 0,000439 \cdot t$$

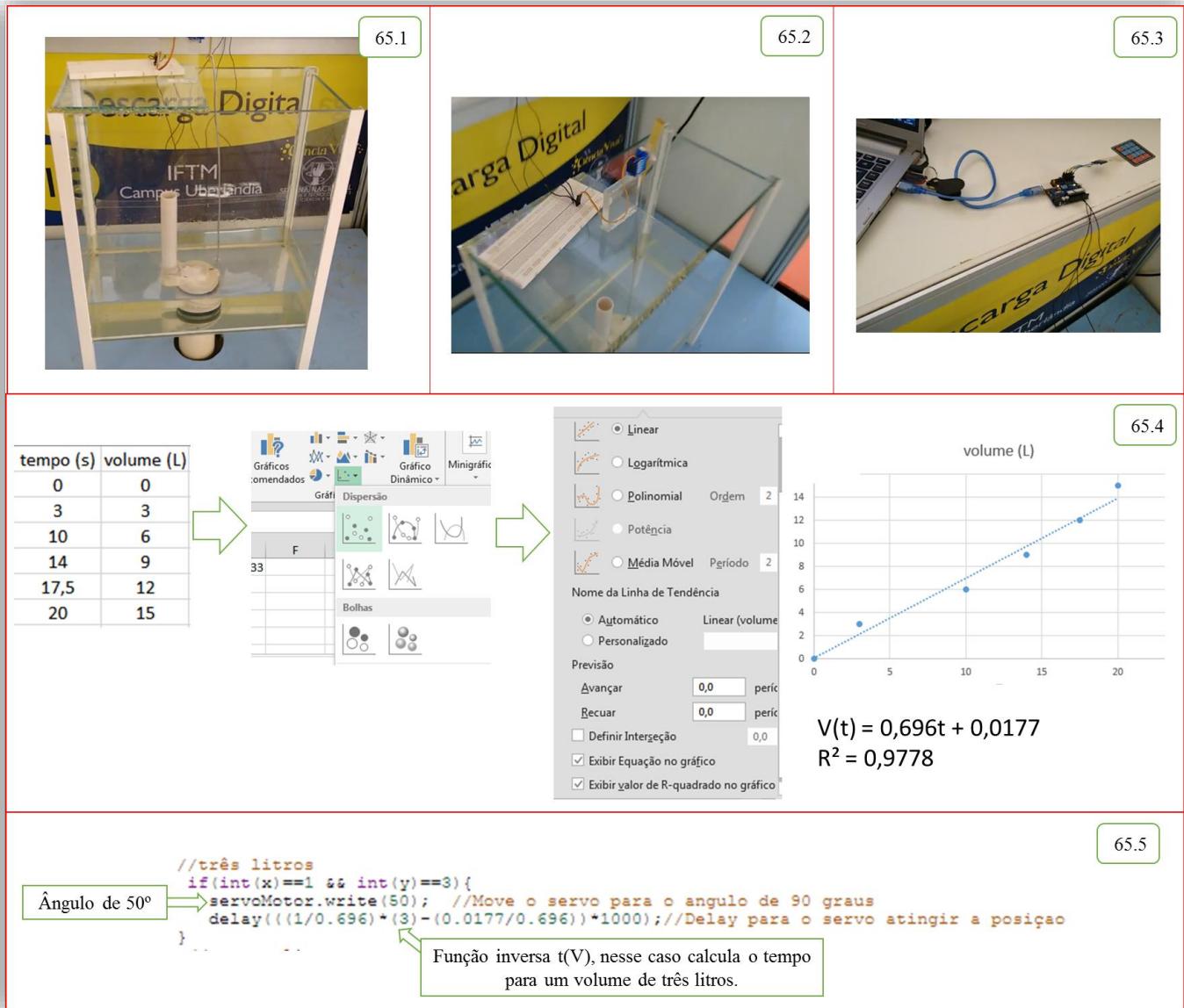
Essa função afirma que a bomba d'água transporta, aproximadamente, 1580 litros em 3600 segundos. Contudo, segundo os dizeres A4G2 nossos dados são: - “*Em seis segundo deu 1,8 litros, então é só fazer assim: Nós fazemos para seis está para 1,8, assim como um segundo está para x*”. Desses dizeres temos que:  $x = \frac{1,8}{6} = 0,3 L/s$ . Mudando de litros para metros cúbicos, temos que:  $x = 0,0003 m^3/s$ . Sendo  $x$  nossa vazão, podemos construir a função:

$$V(t) \approx 0,0003 \cdot t$$

Diferente do que está indicando a placa da bomba d'água, nossa função afirma que em 3600 segundos teremos transportado 1080 litros. Uma diferença de 500 litros por hora, valor significativo.

As ações investigativas ocorridas e não ocorridas nos remetem que a pesquisa “está na raiz da consciência crítica questionadora, desde a recusa de ser massa de manobra [...] até a produção de alternativas” (DEMO, 2006, p.82), mas, como vimos, existe um tempo histórico, pessoal, para o despertar e avanço da curiosidade, do desejo da descoberta e criação. Esse avanço da curiosidade, em nossa percepção, se dá em outras ações criadoras de outros tempos. São nessas novas ações desses novos tempos que se descobre e/ou se cria uma atitude de emancipação do sujeito. Emancipação como “processo histórico de conquista e exercício da qualidade de ator consciente e produtivo” (DEMO, 2006, p. 78), que produz um novo sujeito, o qual se define e ocupa espaço próprio tanto em uma rede local de autoria quanto em uma rede global Arduino. Dessa forma, terminamos a Simulação do protótipo do Regador Automático, e começamos a discutir sobre a Simulação da Descarga Digital, Figuras 65.1, 65.2 e 65.3. Infelizmente já não tínhamos tempo para fazer um estudo mais aprofundado na fase da Simulação desse protótipo.

Figura 65 – Protótipo da Descarga Digital



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

Nesse, o estudo apressado que fizemos é descrito por A1G1:

*Usamos um transferidor para medir 50°, se não me engano. Anotamos que para 0L, gastava 0 segundos, já para 3L, gastava 3 segundos. Para 6L, 10s, para 9L gastava 14s, para 12L gastava 17,5 e para 15L gastava 20s. As meninas enchiam o balde até os 15 litros de água e abriam a válvula até evacuar os litros que a gente queria (0, 3, 6, 9, 12 e 15) e íamos medindo o tempo. Assim, enchiam 15 litros e esperavam evacuar 3 litros. Depois, enchiam de novo até encontrarmos todos os resultados. (A1G1, ENTREVISTA).*

Na sessão anterior vimos que, segundo Evangelista (2016), o cálculo do volume em função do tempo com uma vazão constante é dado por:

$$V(t) = Q \cdot t$$

Em que  $V$  é o volume do fluido que atravessa uma sessão transversal em um determinado tempo  $t$ , aqui com unidades litros e segundos, respectivamente.

Isso nos diz que os dados de A1G1 podem ser ajustados por uma função polinomial do primeiro grau. Desse modo, pegamos esses dados e os colocamos em uma planilha eletrônica, uma vez que esse *software* retorna com facilidade alguns modelos matemáticos analíticos. Pode-se observar na Figura 65.4 que, primeiro inserimos os dados, depois escolhemos a opção de inserir um gráfico de dispersão, em seguida, pedimos para criar uma linha de tendência usando um modelo linear, nessa ação pedimos ao *software* para gerar a equação e o valor do R-quadrado, parâmetro que diz o quanto bom é o ajuste da função com os pontos  $(0;0)$ ,  $(3;3)$ ,  $(10;6)$ ,  $(14,1;9)$ ,  $(17,5;12)$  e  $(20;15)$ . O *software* gerou a seguinte função quadrática:

$$V(t) = 0,696 \cdot t + 0,0177$$

Em que  $V(t)$  representa o volume de água na caixa da descarga e  $t$  é o tempo que o obliterador fica aberto com um ângulo fixo de  $50^\circ$ . O valor do R-quadrado foi igual a 0,9778 mostrando que o modelo se adaptou bem aos pontos que tínhamos na tabela. Mas, para essa função, deve-se entrar com o valor do tempo para retornar o volume e na fase de Programação do protótipo precisávamos do contrário, então houve a necessidade de calcularmos a inversa dessa função. O que foi possível, pois, a função encontrada é bijetora, e segundo Smole e Diniz (2013, 2017), “toda função bijetora possui uma função inversa”. Assim temos que:

$$V(t) = 0,696 \cdot t + 0,0177, \text{ quando } t \geq 0. \text{ Dessa forma temos que:}$$

$$V(t) - 0,0177 = 0,696 \cdot t$$

$$\frac{V(t) - 0,0177}{0,696} = t$$

Organizando, teremos:

$$t(V) = \frac{V - 0,0177}{0,696}$$

$$t(V) = \frac{1}{0,696} \cdot V - \frac{0,0177}{0,696}, \text{ quando } V \geq 0,0177$$

Em  $t(V)$  é o tempo e  $V$  o volume de água. Essa função inversa nos ajudou a programar o teclado para que a vazão variasse conforme digitássemos no teclado de um a nove litros, ou seja,  $1 \leq V \leq 9$ . Contudo, por falta de tempo, não foi possível validarmos se quando apertássemos as teclas realmente sairia o volume de água correspondente ao valor da tecla apertada. A Figura 65.5 mostra como ela ficou na programação do protótipo, foi necessário multiplicarmos por 1000, pois o Arduino trabalhou com milésimo de segundos. Na figura ainda podemos observar que o obturador é aberto com o comando “`servoMotor.write(50)`”, indicando que o servomotor gira  $50^\circ$ . Nesse processo de customização aprendemos que:

[...] o ambiente em si provoca o interesse na construção de conhecimentos que possibilitem efetuar as modificações desejadas. Potencial de autoria e autonomia que mobiliza para a aprendizagem e cresce com a apropriação dos conhecimentos necessários (GUTIERREZ, 2004, p. 130).

Esse interesse provocado pelo ambiente sociocultural digital entrelaçado ao analógico, gerou interações dos sujeitos com sujeitos e mediado por objetos, criando cenários investigativos de possibilidades de construção material e de saberes matemáticos, em que a práxis criadora (imaginação criadora mais ação criadora) impulsiona a criação que penetra “com sua criação a vida pessoal e social, especulativa e prática em todas as suas formas” (VIGTSKI, 2009, p.59). Isso termina a fase de Simulação do protótipo da Descarga Digital e passamos a falar sobre a Simulação do protótipo do Chuveiro Inteligente.

A fase de Simulação do Chuveiro Inteligente foi muito breve, pois terminamos já na Semana Multidisciplinar, pois vimos que não seria possível usar um chuveiro real, então tivemos que substituí-lo por uma bomba para aquário. Assim, o modelo da ABNT (2015) para calcular o consumo elétrico, mantendo os cinco minutos de uso da bomba (simula o chuveiro):

$$W(x) = \frac{E_n^2 \cdot I \cdot (t_1 + x) \cdot FP}{60000 \cdot E}$$

$$W(5) = \frac{(220)^2 \cdot 0,0091 \cdot (1,96 + 5) \cdot 0,92}{60000 \cdot 230} \approx 0,0002 \text{ kWh}$$

Assim, o consumo elétrico da bomba para aquário é 0,0002 kWh, já para calcular o volume usamos o modelo do volume em função do tempo, com uma vazão constante, que é dada pela função:

$$V(t) = Q \cdot t$$

Estava descrito na bomba que sua vazão era de 5 litros de água por minuto, como o tempo final seria de 5 minutos, tínhamos que o volume era de  $V(5) = 5 \cdot 5 = 25 \text{ l/min}$ . Por falta de tempo, deixamos de investigar a pressão para o uso real do chuveiro elétrico na construção do protótipo.

Essa fase, que denominamos “A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo”, é a validação de nossa tecnologia pelos modelos matemáticos que os construíram, caso não funcionasse, voltaríamos aos cálculos na fase de implementação ou *design*. Por ser uma fase em que as produções já deveriam estar realizadas, em nossos estudos, tivemos pouco tempo para explorá-la.

Segundo Bassanezi (2002, p. 30) a validação é “o processo de aceitação ou não do modelo proposto”. Em nosso caso, temos tipos distintos de validação. Falaremos dessa

diferença a partir dos exemplos que encontramos em nossa prática educativa. Iniciamos com “o efeito joule (efeito térmico)”, que a nossa não percepção para o desenvolvimento desse modelo fez com que o fio que ligava a bomba d’água com energia elétrica “fritasse” seu isolamento plástico. Nesse exemplo, temos a validação do protótipo apontando para a validação do modelo matemático. O sentido de validar, nesse caso, é de enaltecer a importância que o modelo matemático tem para protótipo construído. O outro sentido de validar que vislumbramos aqui se refere à ideia de legitimar os modelos matemáticos construídos na fase de *Design* do Protótipo. Por exemplo, na fase de *Design*, o grupo “Natureza Blue” desenvolveu modelos para mostrar que a construção da Descarga Digital economizaria água, com ela pronta, teríamos construído dados experimentais a partir de seu funcionamento para comparar com os dados apontados, infelizmente o tempo não nos permitiu essa validação. Por tais dizeres, temos a validação da Modelagem Matemática para o protótipo e temos, também, a validação do protótipo para a Modelagem Matemática. Ambas as formas de se trabalhar digitalmente o ato de validar.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

[...] Os cientistas e os hackers podem começar a realizar as suas paixões e então colocar-se em rede com outros indivíduos que as compartilham. (HIMANEM, 2001, p.70-71).

### A Modelagem Matemática como atitude, atitude de fazer diferente

Desde o início do nosso processo de constituição de ser pesquisador da área de Educação Matemática no contexto da Cultura Digital vislumbramos a possibilidade dos estudantes serem autores. Mas, ao almejarmos *aprender como autores*, a curiosidade não pode estar domesticada, pois já dizia Freire (2011a, p. 1093-1094 Kindle) “Com a curiosidade domesticada posso alcançar a memorização mecânica do perfil deste ou daquele objeto, mas não o aprendizado real ou o conhecimento cabal do objeto”. Dessa forma, aprendemos que:

O importante na vida é, pelo menos para mim, o que produzimos e a caminhada histórica cravada no tempo e nos corações daqueles que, de alguma maneira serão, são ou foram influenciados por nossas escolhas, pois só assim sinto o sabor deste trabalho. Nesse sentido, ser autor das escolhas e das tecnologias que uso é fundamental, o que caracteriza uma de minhas frases favoritas: “faça você mesmo”. Assim, depois de diversas sínteses do meu pensar a vida, vislumbo que tais escolhas e ações não se dão sós, e tampouco estão livres das influências daquilo que nos cerca (ALVES, 2012).

Um “faça você mesmo” como proposta coletiva de aprender como autores que prima pelas transformações subjetivas dos membros do grupo. Transformações da curiosidade. Dessa perspectiva e respaldado em Freire (2011a), afirmamos que há dois tipos diferentes de curiosidade: a curiosidade ingênua e a epistemológica. Faces de uma mesma moeda que representa o olhar questionador do mundo, com o intuito de lê-lo e transformá-lo. Assim, *aprender como autor* é uma passagem, um processo em que a *curiosidade ingênua* vai “tornando-se mais e mais metodicamente rigorosa, transita da ingenuidade para o que venho chamando “curiosidade epistemológica”” (FREIRE, 2011a, p. 351-352 Kindle), nesse ponto, a curiosidade se entrelaça aos saberes científicos construídos ao longo da história pela humanidade.

Se *aprender como autores* é essa transformação, então a autoria “é entendida como a habilidade de pesquisar e elaborar conhecimento próprio” (DEMO, 2015, p. 8), que não se faz sozinho. Ela necessita de saberes e trabalhos coletivos, outra característica do “faça você mesmo”. Arrogante e ingrato é aquele que, querendo fazer coisas, pensa que as faz sozinho,

pois toda criação provém de outra criação, segundo Demo (2002 e 2015). Corroboramos com os dizeres de Vigotski (2009, p. 17), a base da criação se constitui na “capacidade de fazer uma construção de elementos, de combinar o velho de novas maneiras”. Criação que recebeu reforço inaudito no contexto da Cultura Digital, a qual faculta a geração de conteúdo próprio a todos aqueles que detêm recursos digitais.

Autoria é o que nove alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Câmpus Uberlândia, buscavam quando nos procuraram para, juntos, desenvolvermos projetos que pudessem ser apresentados na 12<sup>a</sup> edição da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Esses alunos formaram três grupos: “Árvore da vida-iftm”, “Natureza blue” e “Water World 2015”, cada grupo com três componentes. Como autoria é habilidade de pesquisar, a qual tem como início um questionamento motivador da investigação, cada grupo formulou um problema que almejava solucionar.

O primeiro grupo questionou: *será que a produção de uma tecnologia (um robô irrigador) que indica o consumo de água, das plantas, favorece a economia de água na agricultura?* O segundo, perguntou: *será que a produção de uma tecnologia (uma descarga digital) que possibilita digitar a quantidade de litros d’água, a ser usado no vaso sanitário, favorece a economia de água em uma residência?* O terceiro grupo, na mesma direção, formulou: *será que a produção de uma tecnologia (um Chuveiro Inteligente) que divide o banho em momentos, para se molhar e para se enxaguar, favorece a economia de água e energia elétrica em uma residência?*

Para solucionar tais problemas, os grupos criaram duas redes para informação, compartilhamento e produção científica-tecnológica. A primeira rede foi diferente para cada grupo, nós a chamamos de rede local de autoria, pois tinha referência nos projetos dos grupos. A segunda foi uma rede comum aos grupos, que conectava os sujeitos dos grupos às experiências com outros grupos, em nível global, que usava a tecnologia Arduino para criar outras tecnologias, a qual denominamos rede global Arduino.

Essas redes estabeleceram as condições materiais e informacionais que nos levaram aos conceitos de fluência tecnológica, empoderamento e fluência científica. Conceitos que, entrelaçados à Cultura Digital de uma Sociedade em Rede, faz emergir uma estética e uma ética. A estética, enquanto retrato do mundo – *faça você mesmo* – mostrou, neste trabalho, que segue o modelo de rede distribuída, que é formada pelas interações daquele que consome e produz tecnologias. Interpretamos, então, que as redes são as conexões de uma Zona Proximal de Desenvolvimento Autoral (ZPDA), na qual há um processo de buscar na rede global Arduino aquilo que se necessita e, posteriormente, contribui de acordo com sua capacidade na rede local

de autoria. Assim, nesse e desse movimento, se produz o que é desejado. Segundo Souza Júnior (2004)

[...] o processo do trabalho com o computador numa perspectiva da colaboração geralmente se produz um saber coletivo e uma postura crítica em relação a essa “tecnologia”. Destacando-se a necessidade de considerá-lo como uma ferramenta “falível”, isto é, cujos resultados nem sempre estão corretos ou são confiáveis (Souza Júnior, 2004, p. 15).

Esse movimento de produção entre pares, nas redes, vem sendo denominado, no contexto da Cultura Digital, de produção *peer to peer* (P2P), uma forma cooperativa de produção entre pares em que “a energia criativa de um grande número de pessoas é coordenada (geralmente com a ajuda da internet) em projetos [...] sem organização hierárquica tradicional ou compensação financeira” (LIMA, 2014, p. i). O modo de produção P2P foi uma prática educativa na qual nossos grupos interagiram com as comunidades de trabalho especializados de projetos comunitários que envolviam a tecnologia Arduino. Foi esse mundo que começamos a ler com a Matemática.

Os grupos iniciaram suas desenvolturas teóricas investigando, com a Modelagem Matemática, a construção tecnológica de ligar um Díodo Emissor de Luz (LED) ao Arduino, uma introdução ao mundo eletrônico. Os participantes descobriram que, no mundo eletrônico da Cultura Digital, precisavam compreender os modelos simbólicos (ou icônicos ou diagramáticos) de alguns componentes eletrônicos, bem como os modelos matemáticos (ou analíticos) para produzir suas soluções. No processo de modelagem, os alunos descobriram que alguns modelos matemáticos empregados eram do ensino de Física, mas que para eles eram ideias matemáticas novas. Como exemplos, a redescoberta da lei de Ohm, das leis de Kirchhoff para circuitos elétricos, entre outras discussões.

As discussões dos modelos de Ohm e Kirchhoff são exemplos das investigações matemáticas realizadas, por nossos grupos, para não queimar ou, ainda, para não reduzir a “vida” útil dos componentes eletrônicos que os grupos conectaram ao Arduino. Acreditamos que essa ação de imaginar, esquematizar, calcular e fazer o *hardware* do protótipo é o florescer da *práxis criadora* de nossos grupos, os quais, a partir das discussões da Modelagem Matemática para leitura do mundo eletrônico do Arduino, construíram suas tecnologias para economia de água em etapas: *Design*, Implementação e Simulação do protótipo.

Ao construir a materialidade do protótipo, pelas referidas fases, os grupos foram concomitantemente desenvolvendo as leituras de mundo de cada etapa com a Matemática surgindo: A Modelagem Matemática do *Design* do Protótipo; A Modelagem Matemática da

Implementação do Protótipo e A Modelagem Matemática da Simulação do Protótipo. Modelagem que os grupos desenvolveram para produzir três tecnologias de economia de água: o Regador Automático, a Descarga Digital e o Chuveiro Inteligente.

Na modelagem do *Design* do protótipo, uma fase de percepção e apreensão da realidade estudada, descrita nos trabalhos de Biembengut (2014), que Meyer e Sossae (2006) definiram como o momento dialógico entre os sujeitos que vivem na realidade com o sujeito que realiza a pesquisa (modelador). Aqui, seria essa percepção e apreensão dos grupos, dialogando com os sujeitos da rede de autoria construída para resolver o problema inicial proposto. Nessa fase, o grupo “Natureza blue” constatou que, ao construir a Descarga Digital, o usuário teria uma economia efetiva de água. O “Water World 2015” mostrou, pelo modelo matemático construído, que a tecnologia desenvolvida garante que qualquer usuário tenha um banho de 5 minutos, dessa forma, o dono do chuveiro teria uma economia de água e energia elétrica. Por fim, o grupo “Árvore da vida-ifm” não chegou a nenhum indicativo matemático da redução de água na agricultura, o que se constatou é que, no estudo sobre o Regador Automático, uma vez calibrado, a umidade do solo estará bem aproximada do que o plantio necessita, não excedendo ou faltando água para a planta. Segundo Bassanezi (2002), quando a Modelagem Matemática é empregada na Educação “o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado” (BASSANEZI, 2002, p. 38).

A argumentação matemática na etapa de implementação do protótipo teve forte interseção com a fase de *Design*. Tal fase é o uso de componentes eletrônicos acoplados ao Arduino para construir os *hardwares* dos grupos pesquisados. Há, ainda, nessa parte a construção dos *softwares* pela programação para controlar os *hardwares*. Os modelos matemáticos ajudaram os alunos a decidirem na escolha de quais componentes eletrônicos usariam na implementação dos aplicativos. A implementação mais complexa, mas com maiores possibilidades de uso para outras finalidades, foi do grupo “Árvore da vida-ifm” com seu Regador Automático. A investigação tecnológica matemática desenvolvida levou o grupo à técnica de controlar máquinas que usam corrente elétrica alternada por meio de dispositivos de corrente elétrica contínua. A Descarga Digital trabalhou com modelos matemáticos na implementação do teclado e um *servomotor*. Já o Chuveiro Inteligente trabalhou com modelos matemáticos de potência elétrica.

A etapa de simulação do protótipo é uma fase de validação. Os grupos desenvolveram dois tipos diferentes de validação. A validação do protótipo apontando para a validação dos modelos matemáticos desenvolvidos ao longo do processo, ou seja, o funcionamento do

protótipo garante a eficácia dos modelos matemáticos construídos no processo de produção da tecnologia. Temos, ainda, a validação do modelo apontando para a validação do protótipo, ou seja, o funcionamento do protótipo gera dados, que possibilitam a construção de um modelo matemático que pode ou não validar a tecnologia.

No processo de Modelagem Matemática para construção dos protótipos Regador Automático, Descarga Digital e Chuveiro Inteligente conseguimos, por diversas vezes, ao usar os modelos matemáticos criado pelos grupos, encontrar respostas distintas das que havia na *internet*. Assim, temos duas possibilidades a considerar para a resposta do modelo, no contexto da Cultura Digital. Se o protótipo não funcionar, então o melhor é buscar uma substituição do modelo matemático que orientou as escolhas dos componentes eletrônicos. Mas, se ele funcionar é bom lembrarmos dos escritos de Meyer e Sossae (2006)

No uso de matemática na modelagem surge uma subjetividade devida à escolha do instrumento usado na avaliação de cada fenômeno – e a matemática nesse caso convive (e precisa conviver bem!) com diferentes “respostas” à mesma questão: cada uma delas decorrente do uso de um diferente instrumento. De repente, a crítica avaliativa é parte do aprendizado matemático e é assim que se aprende matemática: aprendendo a perguntar, aprendendo a formular e resolver questões, e aprendendo a validar soluções (MEYER e SOSSAE, 2006, p.170).

Desses dizeres, observamos que a Modelagem Matemática é ao mesmo tempo instigadora da curiosidade, pois ela ensina a formular problemas e é, também, um processo de transformar *curiosidade ingênua* em *curiosidade epistemológica*. Ou, ainda, se associamos os discursos de Freire (2011a) com as ideias atribuídas a Vigostki (2001), da transformação de conceito espontâneo em conceitos científicos. O primeiro, desenvolvido a partir das reflexões do sujeito sobre as suas experiências cotidianas, o outro, os portões para a tomada de consciência do sujeito. A modelagem faz essa transformação, por isso o “melhor modelo matemático é aquele que a modelagem matemática abandona porque ele conseguiu mudar nossa visão do problema estudado” (MEYER e SOSSAE, 2006, p.150).

Esses processos de produção científico-tecnológicos, entrelaçados pela Modelagem Matemática, deixaram suas marcas nos sujeitos dessa pesquisa, feridas ou paixões diferentes em cada um deles. Estamos falando do “componente fundamental da experiência: sua capacidade [...] de transformação” (LARROSA, 2014, p. 28). Transformação que para a aluna A7G3 está na relação entre pesquisa tecnológica e pesquisa científica, nos dizeres dela: “*antes do projeto eu não via graça em nada relacionando a informática, nem tão pouco a matemática, agora consigo imaginar a matemática além dos cálculos, uma matemática que pode ser encontrada em tudo, até onde você menos espera, no meu caso no meio ambiente*”.

Corrobora os dizeres da participante A1G1, que desenvolveu a Descarga Digital, sua transformação está também na Modelagem Matemática enquanto andaime da relação entre pesquisa tecnológica e científica, em suas palavras:

*Aprendemos a pesquisar, no sentido de você querer modificar uma realidade que poucos questionam, você debater com seus colegas, respeitando opiniões, pois todos nós temos o que dizer daquilo que carregamos da vida. Assim, as grandes mudanças surgem a partir de atos, então, fomos desafiadas a trabalhar com a informática, uma vez que não estávamos preparadas para trabalhar com ela. Então nós corremos atrás, pesquisou-se, desenvolveu-se, experimentou-se, investigou-se e tudo mais para que pudéssemos chegar ao nosso modelo [ENTREVISTA].*

Os dizeres das participantes apontam para o educar pela pesquisa numa perspectiva da Modelagem Matemática para a Educação, pesquisa que acontece de duas maneiras: a fundamental e a aplicada. A fundamental, que visou descobrir os modelos matemáticos que regem o mundo eletrônico do Arduino. A aplicada, que visou inventar aplicações práticas para os (ou a partir dos) modelos fundamentais. Neste trabalho, as pesquisas fundamental e aplicada caminharam entrelaçadas. A primeira, buscando ler e explicar o mundo do Arduino, a outra, usando essa leitura de mundo para obter instrumentos para economia de água que os sujeitos do grupo almejavam (BAZZO e PEREIRA, 2003).

Pesquisa fundamental e aplicada entrelaçadas pela Modelagem Matemática que proporciona duas características subjetivas do termo “problema” na autoria dos grupos pesquisados. A primeira característica pode ser lida nas obras de Mendonça (1993), Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Alexandre (2014) que é **problema perceptível**: questões que perturbam a comodidade do sujeito, em outras palavras, a “pedra no sapato” do sujeito. De forma geral, ele gera um comportamento obsessivo de busca pela solução. O problema com essa característica é que os grupos foram motivados a iniciar a fase de *Design* do protótipo, por sua Percepção e Apreensão se aflorarem imediatamente, o tempo para perceber o problema a ser estudado foi praticamente zero, pois, do contrário, não se iniciaria a investigação.

A segunda característica é o **problema imperceptível**, diferente do primeiro, ele não causa perturbações imediatas à comodidade do sujeito. Ele pode aparecer no final do processo, na fase Simulação do protótipo, como exemplo temos a produção do grupo “Árvore da vida-ifmt” com efeito Joule. Ou, ainda, no meio de um dos três processos de: *Design* do protótipo, Implementação do protótipo e Simulação do protótipo. Como exemplo tivemos, novamente, o efeito térmico no grupo “Water World 2015”. Assim, a Percepção e Apreensão dele não foi

imediatamente evidente, por não serem motivadores da investigação. O problema com esse tipo de característica, por vezes, pode impedir o bom funcionamento do protótipo, quando não impede sua criação.

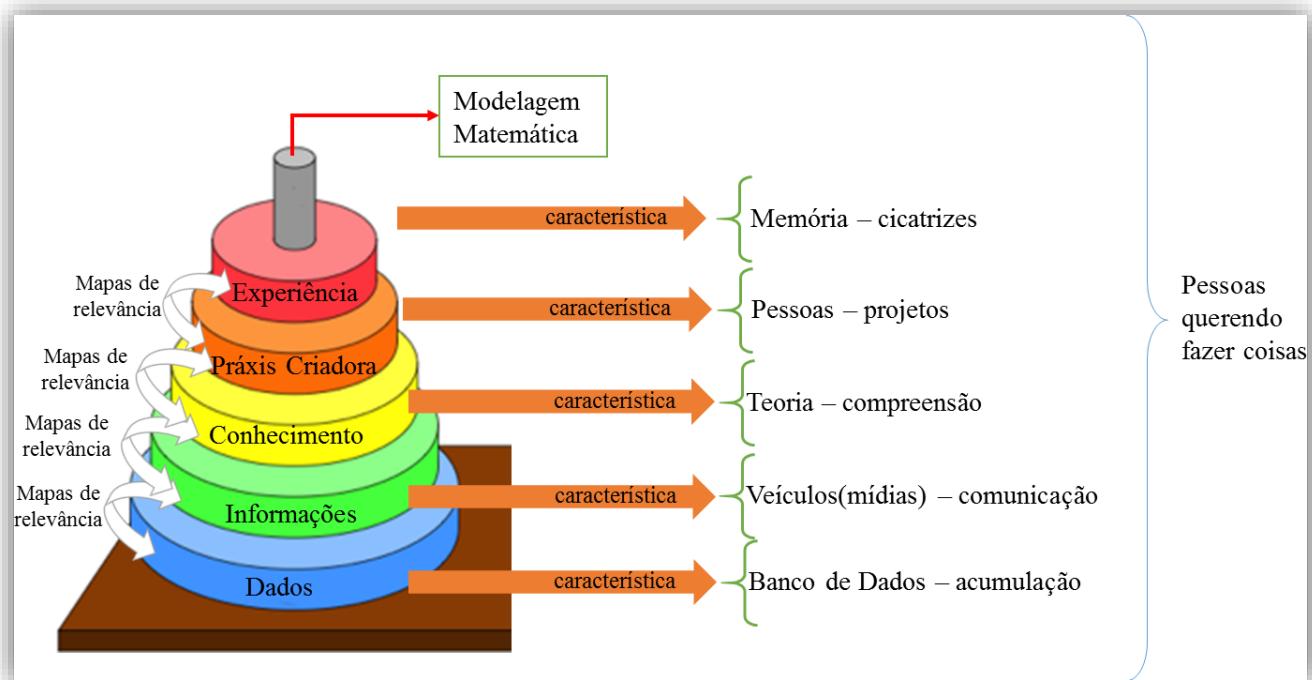
Dessa constatação, podemos afirmar dois fatos. O primeiro é que o problema perceptível é comum tanto aos sujeitos que aprendem pelo consumo de informações e tecnologias, quanto àqueles que aprendem como autor (aqueles que aprendem pela produção de informações e tecnologias). Já o problema imperceptível não, esse, é seletivo. Ele só se materializa para aqueles que aprendem como autor. O segundo fato é que em cada uma das fases - *Design* do protótipo, Programação do protótipo e Simulação do protótipo - estão entrelaçadas outras três, as quais Biembengut (2014) nos apresenta: Percepção e Apreensão, Compreensão e Explicação e Significação e Expressão. Em nosso caso, esse processo é no intuito de formular, resolver e validar modelos para problemas de cunho socioambiental e na perspectiva de poder, a partir do estudo realizado, produzir tecnologias.

Nessas fases há um “ir e vir” entre elas, não são disjuntas e são movidas por interação mediada pela eletricidade e eletrônica, em um processo de comunicação tanto síncrona (no tempo presente) quanto assíncrona (no tempo passado). Isso já existia antes de iniciarmos no mundo da programação, mas é com a programação que, por meio do aprender pela pesquisa observando uma dada tecnologia construída (exemplo uma tecnologia do aparelho sanitário), que nos comunicamos com os saberes construídos pela humanidade para ter concebido uma descarga que, com um simples apertar de botão, limpa uma bacia sanitária com três litros de água, nas mais desenvolvidas tecnologicamente. É pela autoria do Educar pela Pesquisa, numa perspectiva da Modelagem Matemática para a Educação na Cultura Digital, que criamos “zonas de sentidos” (Rey p.6 e 19, 20) para explicar o mundo com seus avanços tecnológicos, bem como propor soluções para os problemas socioambientais que tais avanços causam à humanidade. É por tais zonas que descobrimos novas formas de customizar essas tecnologias e fazê-las nossas, nos empoderando socialmente e alargando nossa zona de desenvolvimento autoral, assim, nos fazemos mais humanos. Sendo, então, pela autoria que o sujeito se transforma em um sujeito leitor e transformador do mundo pela criação material de tecnologias que podem contribuir tanto para sociedade, quanto para o meio ambiente.

Essa autoria é construída, em curso técnico de Meio Ambiente, pelo trabalho educativo com a Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital. Trabalho educativo que segundo a aluna A1G1 se dá “*fazendo pesquisa, no sentido de você querer modificar uma realidade que poucos questionam, debater com seus colegas, respeitando opiniões, pois todos nós temos o que dizer daquilo que carregamos da vida*”. Pois, a pesquisa permitir que os alunos sejam

autores e aprendam como autores. Esse fazer pesquisa é, na Educação Matemática, trabalhar com Modelagem Matemática para que os alunos aprendam como autores. A implementação argumentada nesta tese pode ser reestruturada de acordo com a Figura 66.

Figura 66 – Releitura da Tese



Fonte: adaptado de Machado (2012), Marina (2009) e Larrosa (2011)

Para compreendermos essa releitura é necessário lembrar que estamos no contexto da Cultura Digital de uma sociedade em rede. Em tal contexto, há uma infinidade de *dados*, que são armazenados em banco de dados (a *internet*). Assim, as características dos dados é serem acumulados. Mas, se há *pessoas querendo fazer coisas*, então é necessário que os dados ganhem propósito. Geralmente damos propósitos aos dados pela **formulação de problemas**. Eles selecionam algumas redes que estão relacionadas ao problema formulado. A formulação é, então, nosso primeiro *mapa de relevância*, pois ela selecionou e restringiu nossos espaços de atuação a algumas redes. Os dados com propósito para algum sujeito são *informações*. Elas são passadas e repassadas por veículos de difusão de mensagens, mídias como sites, blogs, Wikipedia, Facebook, Second Life, Twitter, entre outras. Tais veículos de comunicação são características da informação.

A interação social vai selecionando as melhores informações, bem como as tecnologias a serem usadas. Essa *interação mediada, ou face a face*, é outro *mapa de relevância* que aponta para o que é e o que não é útil. Essas interações vão transformando a informação em

*conhecimento*, pois começam a ter/criar modelos para resolução do problema. As interações levam a modelos teóricos de compreensão do problema, essas teorias são características do conhecimento.

Esses modelos teóricos encontrados, ou criados, selecionam conhecimentos para a ação do sujeito. Conhecimento em ação que chamamos de *práxis criadora*. Os modelos encontrados são *mapas de relevância* que levam o sujeito a criar seus Regadores Automáticos, suas Descargas Digitais ou seus Chuveiros Inteligentes. A característica das *práxis criadoras* são pessoas envolvidas com projetos.

Com os projetos produzidos, têm-se os acontecimentos que “ao passar por mim ou em mim, deixa um vestígio, uma marca, um rastro, uma ferida (LARROSA, 2011, p. 5). Esses projetos, enquanto acontecimentos, transformam-se em experiência, pois marcam nossa subjetividade, fincando em nossa memória indefinidamente. Esse registro marcante, em nós, é a característica da experiência. Os registros que os sujeitos relatam são os *mapas de relevância* da experiência de Larrosa (2011), por isso, para Biembengut (2014), um bom momento para verificar a experiência na ação de educar pela pesquisa, na perspectiva da Modelagem Matemática, é fazer uma exposição da produção concretizada pelos grupos, pois “o saber da experiência é um saber que não pode separar-se do indivíduo concreto em quem encarna. [...] ela é] uma forma humana singular de estar no mundo” (LARROSA, 2014, p. 32). Por tais argumentações, podemos iniciar uma solução ao questionamento: **como a Modelagem Matemática de projetos de protótipos favorece ou promove uma fluência científica-tecnológica de alunos de um curso técnico de meio ambiente, no contexto da Cultura Digital?**

A Figura 66 me leva a afirmar que a Modelagem Matemática é o fio que conduz dados, informações, conhecimento, *práxis criadora* e experiência à uma produção científica-tecnológica, na qual ao

[...] ao mesmo tempo em que os sujeitos se formam, desenvolvendo-se profissionalmente, eles formam também o ser formado, num processo incessante, em busca do conhecimento, de uma completude inalcançável, sem aceitação da realidade como algo pronto e acabado [...] a “mola-mestra” deste processo contínuo de (re) construção do conhecimento possa ser alicerçada na pesquisa como prática cotidiana dentro e fora da escola, possibilitando a professores e alunos maior autonomia na (re) elaboração de conhecimentos próprios, baseados em problemáticas locais e encaminhamento de resolução de problemas existentes na comunidade em que a escola está inserida (FARIA, 2006, p. 78).

Elaboração própria e pesquisa como condensação do esforço de promover autoria, que seja pautada em uma ética científica que tenha como princípio basilar o processo de

compartilhamento: um modelo acadêmico aberto, pois acredita que dados, informações e conhecimento devem ser distribuídos àqueles que deles necessitam. Ética de uma rede social que acredita que, para criar na Cultura Digital, há a necessidade humana e histórica de acesso livre ao conhecimento e a seus pares. Além de produzir a partir de uma comunidade, nunca se pode impedir a comunidade de criar. Desse ponto de vista, a atitude que governa tal ética é a atitude da criatividade e da liberdade (UGARTE, 2016).

Por meio dos projetos Regador, Descarga e Chuveiro, os quais foram construídos com a tecnologia Arduino, fomos expostos a uma ampla gama de modelos matemáticos que foram indispensáveis para a produção das referidas tecnologias. Enfrentamos muitos obstáculos, desde a falta de conhecimento da área de eletroeletrônica à falta de recursos financeiros para aquisição de componentes eletrônicos. O que forçou nossos grupos a serem criativos e buscar abordagens diferentes, como por exemplo, o uso de pregos para medir a umidade do solo. Os modelos matemáticos desenvolvidos pelos grupos mostram a importância da Física e várias outras áreas no ensino, estudo e investigação da Matemática para os alunos da segunda série do técnico em Meio Ambiente integrado ao Ensino Médio. O entrelaçar da investigação dos alunos às áreas do Meio Ambiente, Matemática e Física se deram por diversas escolhas dos grupos pesquisados, mas em especial, pela temática da 12ª edição da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia que era "Luz, ciência e vida", foi nela que os grupos investigaram e produziram tecnologia para economia de água.

Os resultados para nós e para os alunos foram gratificantes. Como não se emocionar ouvindo o aluno A4G2 dizer: "*esse projeto mudou minha vida, pois antes dele eu era um simples aluno apagado, agora com tantas conquistas, sou mais confiante comigo mesmo*". Um daqueles momentos em que um "cisco" cai nos meus olhos e os deixam marejados.

Educar com a Matemática na realidade de um curso técnico em Meio Ambiente com tecnologias digitais da informação e comunicação, mostrou-se um desafio criativo e muito produtivo para esta pesquisa. Abrimos um campo de possibilidades educativas e de pesquisa na área de Educação, a Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital. As experiências do trabalho educativo com a Modelagem Matemática lendo o mundo do Arduino, para criar tecnologias de economia de água, foi cansativo, envolvente, divertido e recompensador. Essa implementação, que entrelaça Modelagem Matemática e tecnologia em um processo de tornar o sujeito autor, vai além de afetar nossa forma de ver as coisas do mundo, ela abre possibilidades para se criar desde máquinas automatizadas aos robôs, de acordo com nossa motivação e vontade. **É a era da autoria**, a qual se faz com a Modelagem Matemática no contexto da Cultura Digital.b

## REFERÊNCIAS

### A

ABELHA, Pedro. **Relé Eletromecânico.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/uhbMM>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

ADAFRUIT. **About Us.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/1VphBY>>. Acesso em: 03 Não é um mês valido! 2016.

AGNE, Luciano Sant'ana. **Relações entre concepções sobre a natureza do conhecimento matemático, propostas didáticas e concepções de ensino em dissertações em educação matemática do PPGEDUCEM da PUCRS.** 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. **Variação da Resistência com a Temperatura.** Disponível em: <<https://goo.gl/uYfUPw>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

ALEXANDRE, Mário Lucio. **Processo de autonomia na formulação de problemas de matemática: uma perspectiva de formação inicial de professores.** 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2014. Cap. 2. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13963/1/ProcessoAutonomiaFormulacao.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

ALMEIDA, Katia Campos de. **Circuitos Optoeletrônicos.** 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/ioeBds>>. Acesso em: 21 set. 2015.

AMIEL, Tel; AMARAL, Sergio Ferreira do. Nativos e Imigrantes: Questionando o conceito de fluência tecnológica docente. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p.1-11, 21 mar. 2013. Quadrimestral. Disponível em: <<https://goo.gl/NVfaJb>>. Acesso em: 21 maio 2016

ALOI, Renato. **Optoacopladores.** 2012. Disponível em: <<http://migre.me/wmdbF>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

ALVES, Deive Barbosa. **Curriculum do sistema currículo Lattes.** [Brasília], 01 maio 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/zHzSVc>>. Acesso em: 01 maio 2015.

ALVES, Deive Barbosa. **O Processo de Autoria na Cultura Digital:** A Perspectiva dos Licenciandos em Matemática. 2012. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia, Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Cap. 5. Disponível em: <<http://goo.gl/qt7QGa>>. Acesso em: 19 maio 2015.

ANASTÁCIO, Maria Queiroga Amoroso. **Considerações sobre a Modelagem Matemática e a Educação Matemática.** 1990. 100 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

ANDRADE, Carolina de. **Mas o que é cultura digital, afinal?** 2015. Coordenadora do Centro de Apoio à Inovação Social – CAIS. Disponível em: <<http://goo.gl/ge3jHA>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

ANDRÉ, Marli Elisa Dalmazo Afonso de. **Etnografia da Prática Escolar.** Campinas: Papirus, 1995.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL). **Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia.** 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/KgF1ie>>. Acesso em: 28 set. 2016.

ARDUINO: The Documentary. Direção de Rodrigo Calvo e Raúl Alejos. Produção de Gustavo Valera. Música: People Like Us Nilo Gallego. 2010. (29 min.), son., color. Legendado. Disponível em: <<https://vimeo.com/31389230>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

ARDUINO (Itália). **O que é Arduino?** 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/gDrTv1>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

ARDUINO. **Serial.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/9rHwbT>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

ARDUINO.CC. **O Arduino Playground.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/QGqmQk>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15097:** Aparelho sanitário de material cerâmico: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 37 p. Disponível em: <<https://goo.gl/WkHWMC>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12483:** Chuveiros elétricos. Rio de Janeiro: Abnt, 1991. 3 p. Disponível em: <<https://goo.gl/tk6V11>>. Acesso em: 22 maio 2015.

AUDINO, Iana Franciscatto. **Cotidiano, pesquisa e linguagem : um novo caminho para reconstruir o processo de ensinoaprendizagem.** 2006. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Pucrs, Porto Alegre, 2006. Cap. 7. Disponível em: <<http://goo.gl/4myV9J>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

AUTODESK. **Electronics from beginner to pro.** 2015. Disponível em: <<https://circuits.io/>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

## B

BARAN, Paul. **On Distributed Communications: introduction to Distributed communications networks.** 1964. Disponível em: <<https://goo.gl/SaL5qM>>. Acesso em: 16 out. 2016.

BARBOSA, Márcia Silvana Silveira. **O papel da escola:** Obstáculos e desafios para uma educação transformadora. 2004. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Faced -

Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/wUH88R>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2002. 389 p.

BIEMBENGUT, Maria Salett e HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no ensino**. Blumenau: Ed. Contexto, 2000.

BIEMBENGUT, Maria Salett. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis**, v. 2, n. 2, p.7-32, 01 jul. 2009. Quadrimestral. Disponível em: <<https://goo.gl/x8QpPQ>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática no ensino fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BLIKSTEIN, P.. Digital Fabrication and 'Making' in Education: : The Democratization of Invention.. In: WALTER-HERRMANN, Julia; BÜCHING, Corinne (Eds.). **FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors**. Bielefeld: Transcript Publishers, 2013. p. 1-22. Disponível em: <<https://goo.gl/tASvg9>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

BOGDAN, R. C., BIKLEN, S. K.. **Investigação Qualitativa em Educação**. Tradutores: Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto Editora LDA, Portugal. 1991.

BRAGA, Newton. **Relés Circuitos e Aplicações**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/xtR64U>>. Acesso em: 5 jun. 2015.

BRAGA, Roberta Modesto et al. Modelagem Matemática: algumas discussões acerca do professor e o ensino por meio da pesquisa. In: IX Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática Modelagem Matemática na Educação Matemática: Pluralidades e Debates, 9<sup>a</sup>., 2015, São Carlos. **Anais... .** São Carlos: Cnmem, 2015. v. 1, p. 1 - 13.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. A pesquisa participante e a participação da pesquisa: um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. In: BRANDÃO, Carlos Rodrigues; STRECK, Danilo Romeu. (Orgs.). **Pesquisa participante**: a partilha do saber. Aparecida: Ideias e Letras, 2006. p.21-54.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues; BORGES, Maristela Correa. A pesquisa participante: um momento da educação popular. **Revista de Educação Popular**, Uberlândia, Mg, v. 1, n. 6, p.1-13, 01 jul. 2007. Quadrimestral. Disponível em: <<https://goo.gl/LS7eya>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de janeiro de 2008. Institui A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, Cria Os Institutos Federais de Educação, Ciência e

Tecnologia, e dá Outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília , DF, 29 jan. 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/jTLpO5>>. Acesso em: 16 jul. 2015. BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. . **WEBQUEST.** 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/3f4BqT>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

BROCARDO, Joana; OLIVEIRA, Hélia; PONTE, João Pedro da. **Investigação Matemática na sala de aula.** Belo Horizonte: Autêntica. Edição do Kindle. 2016.

BAUWENS, Michael. **A ECONOMIA POLÍTICA DA PEERTRE PARES.** 2016. Tradução de Mariana Tamari. Disponível em: <<https://goo.gl/rSj8nZ>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BAZZO, Walter António; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Pesquisa Tecnológica.** 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/JV2n5Y>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

## C

CACHAPUZ, António; PRAIA, João; JORGE, Manuela. **Perspectivas de ensino de ciências.** Porto: Centro de Estudos em Ciência (CEEC), 2000.

CALDEIRA, A.D. **Educação Matemática e Ambiente:** um contexto de mudança. 1998. 158f. Tese (Doutorado em Educação) \_ Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CALHAU, Mari Emilia dos Santos. **Investigação em sala de aula:** uma proposta de atividade em salas de aula do ensino fundamental. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

CAMPOS, Augusto. **Disputa entre co-fundadores coloca em jogo a marca, a cadeia de fabricação e o status de comunidade do projeto Arduino.** 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Y9FsNq>>. Acesso em: 21 maio 2016.

CAÑAL, Pedro; PORLAN, Rafael. Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v.05, n. 2, p. 89-96, 1987. Disponível em: <<https://goo.gl/hpa4sF>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

CAÑAL, Pedro. Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación. **Investigación en la escuela**, Barcelona, n.38, p. 15-36, 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/RJw45F>>. Acesso em: 10 maio 2015.

CAÑAL, Pedro. El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza. In: PALACIOS, Francisco Javier Perales; CAÑAL, Pedro. **Didáctica de las ciencias experimentales:** teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Alcoy: Marfil, 2000, p. 209-237. Disponível em: <<https://goo.gl/TtxAAZ>>. Acesso: 12 jun 2015.

CAÑAL, Pedro. Esto es ciencia: modelos didácticos de investigación en Infantil. In: CONGRESO INTERNACIONAL “EDUCACIÓN INFANTIL Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS”. 2008, Madrid, **Anais eletrônicos...** Madrid: AMEI-WAEC. Disponível em: <<https://goo.gl/krJzeA>>. Acesso: 12 mai. 2015

CASSTELLS, Manuel. **A sociedade em rede.** 2. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999. 617 p.  
Trad. Roneide Venâncio Majer.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**, 4<sup>a</sup> ed.. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Edição do Kindle.

CONNELLY, F. M & CLANDINI, J.D. Relatos de experiência e investigación narrativa. In LARROSA, Jorge et al.. **Déjame que te cuente –Ensayos sobre Narrativa y educación.** Barcelona: Editorial Laertes, 1995, p. 11-59.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **Sobre a plataforma Lattes.** 2015a. Disponível em: <<http://goo.gl/QLXM2O>>. Acesso em: 01 maio 2015.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **Histórico.** 2015b. Disponível em: <<http://goo.gl/KkdKMn>>. Acesso em: 01 maio 2015.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. **Curriculum Lattes 2.0.** 2015c. Disponível em: <<http://goo.gl/KkdKMn>>. Acesso em: 01 maio 2015.

CORTELLA, Mario Sergio. **A escola e o conhecimento:** fundamentos epistemológicos e políticos. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

CRUZ, Juliana Machado. **Organograma.** 2016. Disponível em: <<https:// goo.gl/tggMGC>>. Acesso em: 17 out. 2016.

CULTURADIGITAL.BR (Brasil). Ministério da Cultura (MinC). **Conceito de Cultura Digital.** 2011. Disponível em: <<http:// goo.gl/AvMV4t>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

CULTURADIGITAL.BR (Brasil). Ministério da Cultura (MinC). **Projeto de Integração de Políticas de Inclusão Digital - Ação Cultura Digital do Programa Cultura Viva e Projeto Casa Brasil.** 2009. Disponível em: <<http://migre.me/sXPnB>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

CURRÍCULO LATTES (Brasil). **Acesso à Plataforma Lattes.** 2015a. Disponível em: <<https:// goo.gl/ys8zId>>. Acesso em: 01 maio 2015.

CURRÍCULO LATTES (Brasil). **Ajuda aos Módulos do Currículo Lattes.** 2015b. Disponível em: <<http:// goo.gl/1lH1KI>>. Acesso em: 01 maio 2015.

CURRÍCULO LATTES (Brasil). **Busca Currículo Lattes.** 2015c. Disponível em: <<http:// goo.gl/oqTH>>. Acesso em: 01 maio 2015.

## D

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa.** Campinas: Autores Associados, 2006.

DEMO, Pedro. **Pesquisa:** princípio científico e educativo. São Paulo: Cortez, 2001.

DEMO, Pedro. **Aprender como Autor.** São Paulo: Atlas, 2015.

DEUZE, Mark. Participation, Remediation, Bricolage: Considering Principal Components of a Digital Culture. **The Information Society.** Bloomington, Indiana, p. 63-75, 10 dez. 2005.

DENZIN, Norman K. e LINCOLN, Yvonna S.. **O planejamento da pesquisa qualitativa.** Porto Alegre: Penso, 2006, 432 p.

DIAS, M. R. **Uma experiência com Modelagem Matemática na formação continuada de professores.** 2005. 199f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

DUARTE, Jorge e BARROS, Antônio. **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação -** 2.ed., 2. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008.

DUJISIN, Rodrigo Araya e JARIEGO, Isidro Maya. Las Puentes Interlocales: Las Redes Personales de los Universitarios Alcalareños en Sevilla, In: PORRAS, José Ignacio e ESPINOZA, Vicente (orgs.). **Redes: Enfoque y Aplicaciones del Análisis de Redes Sociales (ARS).** Santiago do Chile: Universidad Santiago de Chile/Universidad Bolivariana, 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/4jcwVs>>. Acesso: 02 de ago. 2016.

## E

FEITOJOULE. **Lei de Joule.** Disponível em: <<https://goo.gl/8Zjq3x>>. Acesso em: 23 out. 2015.

EMBARCADOS. **Arduino Uno.** 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/dPVBwv>>. Acesso em: 13 maio 2015.

EPSTEIN, Joshua M.. Why Model? **Journal Of Artificial Societies And Social Simulation.** Surrey, Uk, p. 1-5. 31 out. 2008. Disponível em: <<http://migre.me/t0cXc>>. Acesso em: 02 out. 2015.

EVANGELISTA, Adão Wagner Pêgo. **Hidrometria:** medição de Vazão. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Mu9gsa>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em Ação.** São Paulo: Novatec, 2013.

EZPELETA, Justa. e ROCKWELL, Elsie. **Pesquisa participante.** São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1989. p. 77-93.

**F**

FANTINEL, Mirian. **O ensino pela pesquisa em ciências:** comparação de abordagens em uma perspectiva internacional. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FARIAS, Luciana de Nazaré. **Feireas de Ciência como Oportunidade de (re)construção do conhecimento pela pesquisa.** 2006. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006. Cap. 4.

FIGARO, Roseli. A triangulação metodológica em pesquisas sobre a Comunicação no mundo do trabalho. **Fronteiras - Estudos Midiáticos**, [s.l.], v. 16, n. 2, p.124-131, 2 set. 2014. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos.  
<https://doi.org/10.4013/fem.2014.162.06>

FLICK, Uwe. **Introdução à Pesquisa Qualitativa.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p.

FRANCISCHETT, M. N.. Refletindo sobre pesquisa-Ação. **Faz Ciência**, Francisco Beltrão, v. 3, n. 1, p.167-176, 02 abr. 1999. Semestral. Disponível em: <<http://migre.me/fLijy>>. Acesso em: 03 ago. 2013.

FRANCO, Augusto de. **Redes são ambientes de interação, não de participação.** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/SCXZpZ>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

FREIRE, Paulo.. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1970.

FREIRE, Paulo.. **Criando métodos de pesquisa alternativa: aprendendo a fazê-la melhor através da ação.** In. BRANDÃO, C.R. Pesquisa Participante. 1981.

FREIRE, Paulo; PAPERT, Seymour. **O Futuro da Escola.** 1996. Disponível em: <<https://goo.gl/C3bx3d>>. Acesso em: 12 dez.

FREIRE, Paulo. **Educação e mudança.** 28 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011a. 143 p.

FREIRE, Paulo. **Ação cultural:** Para a liberdade e outros escritos. São Paulo: Paz e Terra, 2011b.

FREIRE, Paulo; SHOR, Ira. **Medo e ousadia:** o cotidiano do professor. Trad.: Adriana Lopes. 2 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?** São Paulo: Paz e Terra. 2013.

FREITAS, Wellington Alvse de. **Desenvolvimento e avaliação de uma dispositivo alternativo para estimativa da umidade do solo.** 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de

Lavras, Lavras, 2011. Cap. 5. Disponível em: <<https://goo.gl/6PftPR>>. Acesso em: 28 ago. 2015.

## G

GAJARDO, M.. **Pesquisa Participante: propostas e projetos**. In: BRANDÃO, C.R. Repensando a pesquisa participante. São Paulo: Editora Brasiliense, 1987.

GAZETA. **Água: banheiro é o campeão de gasto**. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/e4N8hJ>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

GBKROBOTICS. **Sensor de umidade do solo**: Calibração e utilização. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/JqsBDS>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

GERE, Charlie. **Digital Culture**. 2. ed. London: Reaktion Books Ltda, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Método e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 200 p.

GIRARDI JUNIOR, Liráucio. Trocas simbólicas no ciberespaço e os processos de construção de esferas públicas interconectadas. In: MARQUES, Ângela et al.. **Esfera Pública, Redes e Jornalismo**. E-papers: Rio de Janeiro, 2009

GRIFFITHS, Dawn; GRIFFITHS, David. **Use A Cabeça!** C. São Paulo: Alta Books, 2013. 628 p.

GUEDES, Manuel Vaz. **A Lei de Joule**. Disponível em: <<https://goo.gl/qaWvBX>>. Acesso em: 21 nov. 2015

GUTIÉRREZ, Bernardo. **P2P: um projeto também para a Democracia?** 2013. Tradução Inês Castilho. Disponível em: <<https://goo.gl/gnYy8U>>. Acesso em: 22 out. 2016.

**G1. Tomar um banho por dia, durante 5 minutos e com água morna, é o ideal.** 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/b2mct8>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

## H

HERNÁNDEZ, Fernando. **Transgressão e Mudança na Educação**: os projetos de trabalho. Porto Alegre: Artmed., 1998. Trad. Jussara Haubert Rodrigues.

HEWITT, Paul G.. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## I

IEZZI, Gelson; MURAKAMI, Carlos. **Fundamentos de Matemática Elementar**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1977. 228 p.

IGOE, Tom. **What Is Physical Computing?** 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/TzcC2T>>. Acesso em: 05 set. 2016.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Sistema de Descarga:** Relatório Final. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/iEiWtU>>. Acesso em: 17 out. 2015.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Tabela de consumo de energia elétrica:** chuveiros elétricos. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/4T1uL4>>. Acesso em: 19 out. 2016.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO – Câmpus Uberlândia -(IFTM)- (Uberlândia). **Projeto pedagógico do curso técnico em meio ambiente integrado ao ensino médio.** 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/zxh4KE>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO – Câmpus Uberlândia -(IFTM)- (Uberlândia). **Semana Multidisciplinar.** 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/aiQvUT>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO – Câmpus Uberlândia -(IFTM)- (Uberlândia). **Organograma.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/pTMjQC>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

INSTRUCTABLES. **Our Story.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/g6h6Uy>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

IZQUIERDO, Mercé. Fundamentos epistemológicos. In: PALACIOS, Francisco Javier Perales; CAÑAL, Pedro. **Didáctica de las ciencias experimentales:** teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Alcoy: Marfil, 2000, p.35-64. Disponível em: <<https://goo.gl/TtxAAZ>>. Acesso: 12 jun 2015.

## J

JENSEN, K.B.; JANKOWSKI, N.M. (eds.). **Metodologias cualitativas de investigación en comunicación de masas.** Barcelona: Bosch, 1993. 324 p.

## K

KILPATRICK, Jeremy. **Fincando estacas:** uma tentativa de demarcar a Educação Matemática como campo profissional e científico. Campinas, SP: Zetetiké, vol. 4, nº 5, 1996.

KREUTZ, José Ricardo; BOLL, Cíntia Inês. **A Cultura Digital: quando a tecnologia se enreda aos usos e fazeres do nosso dia a dia.** Brasília: Programa Mais Educação Secad-mec., 2010. 71 p. (Caderno Pedagógico). Disponível em: <<http://migre.me/sXPXf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

## L

LABDEGARAGEM. **Sobre.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Dp7N4f>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** São Paulo: Atlas, 1982.

LARROSA, Jorge. **Experiência e alteridade em Educação.** Revista Reflexão e Ação, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 2, p. 4-27, 1 dez. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/Zd6PPU>>. Acesso em: 6 set. 2015.

LARROSA, Jorge. **Tremores:** escritos sobre experiência. Belo Horizonte: Grupo Autêntica, 2014. 176 p.

LEONE, Priscilla Novaes. Admirável Chip Novo. In: LEONE, Priscilla Novaes. **Admirável Chip Novo.** Rio de Janeiro: DeckDisc, 2003. Faixa 2. Compact Disc.

LIMA, Clóvis Ricardo Montenegro de. Apresentação. **P2p e Inovação,** Rio de Janeiro, RJ, v. 1, n. 1, p.i-v, 01 jul. 2014. Semestral. Disponível em: <<http://migre.me/vQL3N>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

LIMA, Valderez Marina do Rosário. **A escolha da pesquisa como princípio educativo.** Ciências & Letras, Porto Alegre, n. 36, p. 151-169, jul./dez., 2004.

LOMBARDI, José Claudinei. **Educação e Ensino na Obra de Marx e Engels.** Campinas: Alínea, 2011.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Conhecimento escolar : ciência e cotidiano.** 1º Rio de Janeiro: Eduerj, 1999. 236 p.. Disponível em: <<http://migre.me/ahhWV>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

LUZ, E. F. **Educação a Distância e Educação Matemática:** contribuições mútuas no contexto teórico-metodológico. 2003. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

## M

MACENA, Marta Maria Maurício. **Contribuições da investigação em sala de aula para uma aprendizagem das secções cônicas com significado.** 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MAKE. **Join us in our mission to empower makers around the world.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Vx69WZ>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

**MAKE. Garduino: Geek Gardening with Arduino.** 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/V2vJjV>>. Acesso em: 02 maio 2015.

MARX, Karl. Introdução à Crítica da Economia Política. In: **Contribuição à Crítica da Economia Política**. São Paulo, 2008. p. 238-272

MCRI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (Brasil). **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT**. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/uvzNac>>. Acesso em: 08 out. 2015.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MENDES, Iran Abreu; FOSSA, John Andrew; VALDÉS, Juan Eduardo Nápoles. **A História como um Agente de Cognição na Educação Matemática**. Porto Alegre: Sulina, 2006. 182p

MENDES, Iran Abreu. **Investigação histórica no ensino da Matemática**. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2009a.

MENDES, Iran Abreu. **Matemática e investigação em sala de aula**. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2009b.

MENDES, Paulo Cesar de Souza. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Cap. 5. Disponível em: <<https://goo.gl/pq8xRZ>>. Acesso em: 12 set. 2015.

MENDONÇA, Maria do Carmo Domite. **Problematização: Um caminho a ser percorrido em Educação Matemática**. 1993. 307 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

MEYER, João Frederico da Costa Azevedo; SOSSAE, Renata Cristina. Modelagem Matemática de Fenômenos da Vida. In: MEYER, João Frederico da Costa Azevedo; BERTAGNA, Regiane Helena (Org.). **O Ensino, a ciência e o cotidiano**. Campinas, SP: Alínea, 2006. Cap. 4. p. 149-171.

MEYER, João Frederico da Costa de Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizete.; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

MIRELLA, Andressa. **Protoboard**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/a1Av7L>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

MOD, Luiz Felipe Araújo. **O objeto matemático triângulo em teoremas de Regiomontanus: um estudo de suas demonstrações mediado pelo Geogebra**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016.

MONK, Simon. **Programação Com Arduino: começando Com Sketches**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 148 p. (Série Tekne).

MONK, Simon. **30 projetos com Arduino**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 228 p. (Série Tekne).

MORAES, Roque. Educar pela pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina Rosário (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula**: tendências para a educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002, p 127-142.

MORAES, Roque, GALIAZZI, Maria do Carmo, RAMOS, Maurivan Güntzel. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina Rosário (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula**: tendências para a educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002, p. 9-23.

MORAES, Roque, GALIAZZI, Maria do Carmo, RAMOS, Maurivan Güntzel. A Epistemologia do aprender no educar pela pesquisa em Ciências: alguns pressupostos teóricos. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (Orgs.). **Educação em Ciências**: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: Editora Unijuí, 2004, p. 85-108.

MONTEIRO, Alexandrina. **O ensino da Matemática para adultos através da Modelagem**. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP. Rio Claro, 1991.

MÜLBERT, Ana Luísa; AYRES, Nilce Miranda. **Sistema de informações no varejo e serviços**. 2. ed. rev. e atual. Palhoça : UnisulVirtual, 2007.

## N

NELSON, Reed. **O USO da análise de redes sociais no estudo das estruturas organizacionais**. 1984. Disponível em: <<https://goo.gl/8uCDaW>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

NICOLAU, Gilberto Ferraro et al. Os Fundamentos da Física 3: Eletricidade. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

NICOLINI, Cristiane Antonia Hauschild; MORAIS, Roque. Educar Pela Pesquisa com projetos de aprendizagem: algumas experiências. In: **Anais do IV Encontro Ibero-Americanoo de Coletivos Escolares e Redes de Professores que Fazem Investigação na sua Escola**; 2004; Porto Alegre.

NINA. Clarissa Trojack Della. **Modelagem Matemática e novas tecnologias**: uma alternativa para a mudança de concepções em Matemática. 2005. 227 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

NOVAELETRONICA. **Valores padrão de resistores (comercial)**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/TMFmv8>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

NUNES, Carlos Alessandro. Educação matemática: processos formativos e a sua interface com as mídias. 2010. 297 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

**O**

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa Qualitativa.** 1<sup>a</sup> Petrópolis, Rj: Vozes, 2005. 182 p.

O'SULLIVAN, Dan; IGOE, Tom. **Physical Computing:** sensing and controlling the physical world with computers. Boston, Ma: Thomson Course Technology, 2004. 495 p.

**P**

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia da Pesquisa. Abordagem teórico-prática.** 10<sup>a</sup> Ed. Ver. E atual. Campinas-SP: Papirus, 2004. (Coleção magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

PARENTE, Andreia Garibaldi Loureiro. **Práticas de investigação no ensino de ciências: percursos de formação de professores.** 2012. 242 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Para A Ciência, Universidade Estadual “júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2012. Cap. 5. Disponível em: <<https://goo.gl/T5Arjn>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

PAULA, Adriana Chilante de. **Educar pela pesquisa em ciências na prática de pesquisa no PPGEDUCEM/PUCRS:** revisão de dissertações com olhar epistemológico. 2014. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Cap. 5. Disponível em: <<https://goo.gl/qU7EG8>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

PÉREZ, Daniel Gil. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983. Disponível em: <<https://goo.gl/QzhM7t>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

PÉREZ, Daniel Gil. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 2, p. 111-112, 1986. Disponível em: <<https://goo.gl/sTT36g>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

PEREZ, Daniel Gil; CASTRO, Pablo Valdés. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un exemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.14, n.2, p. 155-163, 1996. Disponível em: <<https://goo.gl/NKGcs2>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

PÉREZ, Daniel Gil et al.. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/ta9AJB>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PERÉZ, Daniel Gil, PRAIA, João, CACHAPUZ, António. Problema, teoria e observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, v.8, n.1, p.127-145, 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/UmcuxE>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

PÉREZ, Daniel Gil, SOLBES, Jordi, VILCHES, Amparo. ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? **Alambique: Didáctica de las ciencias**

experimentales, Barcelona, n.41, p. 89-98, jul./set. 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/ncK13x>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

PÉREZ, Daniel; PRAIA, João; MARQUES, Luis; VILCHES, Amparo. Da necessidade de uma formação científica para uma educação para a cidadania. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA E O III SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE GEOLOGIA. 2007, Campinas, **Atas do I Simpósio...** Campinas: UNICAMP, 2007, p. 421-426. Disponível em:<<https://goo.gl/dQCTEq>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

PONTE, João Pedro da; ABRANTE, Paulo; LEAL, Leonor Cunha. **Investigar para Aprender Matemática**. Lisboa: Associação de Professores de Matemática, 1996. p. 25-47.

PONTE, João Pedro da et al. **Histórias de Investigações matemáticas**. Lisboa: IIE, 1998.

PONTE, João Pedro da; Fonseca, Helena; BRUNHEIRA, Lina. **As actividades de investigação, o professor e a aula de Matemática**. 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/zePG37>>. Acesso: 20 de jul. 2015.

PONTE, João Pedro da. Investigar, ensinar e aprender. In: **Actas do Prof. Mat.** 2003. CD ROM, p. 25 - 39: APM, Lisboa, 2003. Disponível em:<<https://goo.gl/8U1At8>>. Acesso: 21 set 2016.

Poppius, Eduardo Bertil. **Fundamentos de Eletromecânica**. Rio de Janeiro: Jaguatirica. 2012. Edição do Kindle.

PORTAL BRASIL (Brasil). **Gestores defendem valorização da extensão tecnológica no País**. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/OMi6vc>>. Acesso em: 05 maio 2015.

PRAIA, João; ALMEIDA, Leandro da Silva; VASCONCELOS, Clara. Teoria de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**. Campinas, v.7, n.1, p. 11-19, jun. 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/eNGxAk>>. Acesso: 02 de jun. 2015.

PRENSKY, Marc. **Nativos Digitais, Imigrantes Digitais**. 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/oiowH3>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

## **Q**

QUEIROZ, Ângelo Azevedo et al (Org.). **Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica**: Capacitação tecnológica da população. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2007. 309 p. (Série cadernos de altos estudos ; n. 4). Relator: Ariosto Holanda. Disponível em: <<http://goo.gl/IhExbY>>. Acesso em: 02 jul. 2015.

## **R**

RAND CORPORATION. **About the RAND Corporation**. 2016. Disponível em: <<https://www.rand.org/about.html>>. Acesso em: 13 set. 2016.

REIS, Fábio dos. **Arduino: Conhecendo as funções pinMode, digitalRead e digitalWrite.** 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/mW2zG7>>. Acesso em: 29 out. 2015.

REY, F. G.. **Pesquisa Qualitativa e Subjetividade: os processos de construção da informação.** [Tradução Marcel Aristides Ferrada Silva]. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

RIGI, Jakob. Peer Production and Marxian Communism: Countours of a New Emerging Mode of Production. **Capital & Class.** London, p. 1-12. 02 ago. 2012. Disponível em: <<http://migre.me/vY3OX>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

ROBERTS, Dustyn. **Fazendo as Coisas se Moverem:** Invenções do Tipo “Faça Você Mesmo” para Hobistas, Inventores e Artistas. Rio de Janeiro: Altas Books, 2012. 339 p.

ROMÃO, Freud. **Matemática Védica no ensino das quatro operações.** 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

ROQUE, Wellington. **Desenvolvimento de um multi-sensor eletrônico para medida da umidade, temperatura e condutividade elétrica do solo.** 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Sp, 2008. Cap. 5. Disponível em: <<https://goo.gl/vPx8Td>>. Acesso em: 25 jul. 2015.it

## S

SATLER, Almir. **Tocando em frente.** São Paulo: Movieplay, 1988. 1 CD (05 min).

SAVAZONI, Rodrigo; COHN, Sérgio (orgs). **Cultura Digital.br.** Rio de Janeiro: Beco do Azougue Editorial Ltda, 2009. 315 p.. Disponível em: <<http://goo.gl/wsydX8>>. Acesso em: 02 jul. 2014.

SCHIAVO, Márcio Ruiz, MOREIRA, Eliesio. **Glossário social.** Rio de Janeiro: Comunicarte, 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/9JnK1j>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

SCHRADIE, Jen. The digital production gap: The digital divide and Web 2.0 collide. **Poetics**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.145-168, abr. 2011. Elsevier BV.  
<https://doi.org/10.1016/j.poetic.2011.02.003>

SCHULER, Charles. **Eletrônica I.** 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SERIAL LINK. **Serial Link - Sobre.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/6UUW73>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Extensão Tecnológica.** 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/hvWH7s>>. Acesso em: 06 maio 2015.

SILVA, Caetana Juracy Resende. **Institutos Federais lei 11.892, de 29/11/2008: comentários e reflexões.** 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/WubAqf>>. Acesso em: 02 set. 2015.

SILVA, Neide de Melo Aguiar. Matemática e Educação Matemática: Re(Construção) de Sentidos com Base na Representação Social de Acadêmicos. In: ANPED - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 30., 2007, Caxambu. **Anais....** . Caxambu, Mg: Anped, 2007. v. 30, p. 1 - 12. Disponível em: <<https://goo.gl/ME9L4Q>>. Acesso em: 15 maio 2016.

SKOVSMOSE, Ole. **Towards a philosophy of critical mathematics education.** Dordrecht: Kluwer, 1994. 246 p..

SMOLE, Kátia Cristina Stocco; DINIZ, Maria Ignez. **Matemática:** Ensino Médio - Vol. 1. São Paulo: Saraiva, 2013.

SOUZA JÚNIOR, Arlindo José de. **Trabalho coletivo na Universidade:** Trajetória de um grupo no processo de ensinar e aprender Cálculo Diferencial e Integral. 2000. 323 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Sp, 2000. Cap. 5.

SOUZA JUNIOR, Arlindo José de. Educação Matemática: o singular e o coletivo na produção de saberes docentes. In: 24ª Reunião Anual da ANPED, 24., 2001, Caxambu. **Anais....** . Rio de Janeiro: Centro de Educação e Humanidades Uerj, 2001. p. 1 - 15. Disponível em: <<http://goo.gl/oLTPSk>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

SOUZA JÚNIOR, Arlindo José de. Ensino com pesquisa na universidade: a importância da colaboração. In: VIII Encontro Nacional de Educação Matemática, 8., 2004, Recife. **Anais....** Redife: Ufrpe, 2004. v. 1, p. 1 - 15.

SOUZA, Felipe de. **Automação Industrial e Robótica.** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/tJCQyQ>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SPARKFUN. **Light-Emitting Diodes (LEDs).** 2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/Q2eh88>>. Acesso em: 21 jul. 2015.

SPARKFUN. **Resistors.** 2015b. Disponível em: <<https://goo.gl/do3WiC>>. Acesso em: 4 maio 2015.

SPARKFUN. **Installing Arduino IDE.** 2015c. Disponível em: <<https://goo.gl/N3x4kr>>. Acesso em: 14 maio 2015.

SPARKFUN. **How to Use a Breadboard.** 2015d. Disponível em: <<https://goo.gl/uCjQvJ>>. Acesso em: 7 maio 2015.

SPARKFUN. **ABOUT SPARKFUN.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/7B9yLZ>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

STEFFENS, César Augusto. **Fototransistores.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/NBqGXv>>. Acesso em: 16 fev. 2016

STRECK, Danilo Romeu. A pesquisa em educação popular e a Educação Básica. **Praxis Educativa**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.111-132, jun. 2013. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.8i1.0005>

## T

TOCCI, Ronald; WIDMER, Neal; MOSS, Gregory. **Sistemas digitais, princípios e aplicações**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

THIOLLENT, Michael. **Crítica Metodológica, investigação social e enquete operária**. 5. ed. São Paulo: Polis, 1987.

THOMSEN, Adilson. **COMO USAR O TECLADO MATRICIAL 4x4 COM ARDUINO**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/TjdTyi>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

TRENTIN, Paulo Marcos. **Diferença entre bit rate e baud rate**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/q7PLiZ>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

## U

UFRGS. **Semelhança de Triângulos**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/43yhx2>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

UFU –Universidade Federal de Uberlândia (Brasil). **Ciência Viva 2015**. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/sf4e4z>>. Acesso em: 08 out. 2015.

UGARTE, David de. **O poder das redes**: manual ilustrado para pessoas, organizações e empresas, chamadas a praticar o ciberativismo. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008

## V

VENTRO. **Módulo Sensor De Umidade Do Solo Higrômetro**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/ceKzG2>>. Acesso em: 06 maio 2016.

VIGOTSKI, Lev Semenovitch. **Imaginação e criação na infância**. São Paulo: Ática, 2009.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **La imaginación y el arte en la infancia**. Madrid: Akal, 1990.

## X

XIAN, Lee Zhi. **4x4 Matrix Keypad**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/CUyDFt>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

## W

WEBSTER, Frank. The information society revisited. In L. LIVINGSTONE, S. (org.). **Handbook of new media**: social shaping and consequences of ICTs. London: Sage, 2002. Disponível em: <<http://goo.gl/hV8R81>>. Acesso em: 01 set. 2015.

WEBSTER, Frank. **Theories of the Information Society.** 3. ed. London And New York: Routledge, 2006. 314 p.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy.** 2000. Disponível em: < <http://goo.gl/96NOvb> >. Acesso em: 10 Nov. 2011.

## Z

ZORZAN, Adriana Salete Loss. **Ensino-aprendizagem:** algumas tendências na Educação Matemática (Teaching-learning: some trends in mathematical education). Revista Ciências Humanas Frederico Westphalen, v.8 n.10 p. 77-93, Jun 2007.

## APÊNDICE 01 – QUESTIONÁRIO

02/06/2017

Questionário: Identificação

### Questionário: Identificação

\*Obrigatório

#### 1. Qual seu nome? \*

\_\_\_\_\_

#### 2. Qual sua idade?

Marcar apenas uma oval.

- 13
- 14
- 15
- 16
- mais de 16

#### 3. Qual seu Gênero? \*

Marcar apenas uma oval.

- Masculino
- Feminino

### Questionário: Saberes tecnológicos

#### 4. Qual rede social você prefere? \*

Marcar apenas uma oval.

- Tumblr
- Google+
- Facebook
- Badoo
- LinkedIn
- MySpace
- Twitter
- Outro: \_\_\_\_\_

#### 5. Para que você usa o computador? \*

Marcar apenas uma oval.

- Jogar

- Para redes sociais

- Para aprender matemática

- Para nada

- Outro: \_\_\_\_\_

02/08/2017

Questionário: Identificação

**6. Para estudar você usa mais:***Marcar apenas uma oval.*

- Anotações da aula do professor
- O livro didático
- Youtube
- Facebook
- Google
- Outro: \_\_\_\_\_

**7. Você participa de alguma comunidade no facebook? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

**8. Se sim qual(is)?**

---

---

---

---

**9. Você participa de alguma comunidade no youtub? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

**10. Se sim qual(is)?**

---

---

---

---

**11. Você participa de algum fórum de discussões na internet? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

02/08/2017

Questionário: Identificação

**12. Se sim qual(is)?**


---



---



---



---

**13. Você usa aplicativos como: WhatsApp, Viber, ZapZap ou outro do gênero para estudar? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

**14. Para estudar Matemática você usa algum software? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

**15. Se sim qual(is)?**


---



---



---



---

**Questionário: Saberes sobre Matemática e Meio Ambiente****16. A Matemática te faz se sentir: \****Marcar apenas uma oval.*

- Inteligente  
 Frustrado  
 Desprovido de inteligência  
 Indiferente  
 Outro: \_\_\_\_\_

**17. Qual a utilidade da matemática? \****Marcar apenas uma oval.*

- Para nada.  
 Para prestar o ENEM.  
 Para resolver problemas do meu dia-a-dia.  
 Outro: \_\_\_\_\_

02/08/2017

Questionário: Identificação

**18. Sobre função você considera que conhece: \****Marcar apenas uma oval.*

- Nada
- pouco
- médio
- muito

**19. Você se preocupa com o meio ambiente? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Às vezes

**20. Em quantos projetos de pesquisa da escola você está envolvido? \****Marcar apenas uma oval.*

- 0
- 1
- 2
- mais de 2

**21. Qual(is)?**


---



---



---



---



---

**22. Ao carregar seu celular a noite você: \****Marcar apenas uma oval.*

- Vai dormir e deixa carregando
- Deixa carregando por mais ou menos 4 horas
- Não sei.
- Outro: \_\_\_\_\_

**23. Qual a definição de função do segundo grau? \***


---



---



---



---



---

## APÊNDICE 02 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: REGADOR AUTOMÁTICO



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÉNCIA  
E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO**  
**NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**



### **Proposta de Invento: Regador Automático**

#### **1. Título do Invento – Produto/Processo/Serviço**

ROBÔ IRRIGADOR

#### **2. Palavras-chave relacionadas ao presente invento**

Irrigação, automação, meio ambiente, inovação, robô

#### **3. Objetivos da proposta**

O invento tem como objetivo usar a tecnologia, de forma responsável, para irrigar plantas com o menor consumos de água, que dispense o trabalho humano no processo de irrigar e que envie para o usuário um relatório do consumo de água ao final da irrigação. As vantagens são:

- 1- Mostrar o gasto de água ao irrigar.
- 2- A irrigação da planta se dará no momento em que a umidade do solo estiver baixa.
- 3- Dispensar o trabalho do homem em parar a irrigação.
- 4- Construir um banco de dados e histórico da irrigação.
- 5- Não deixa a planta com “sede”, uma vez que será irrigada conforme a umidade do solo.
- 6- Facilita a vida de muitos fazendeiros que desperdiçam água com outros modelos de irrigação.

#### **4. Descrição detalhada do invento (produto/processo/serviço)**

O regador automático é um robô que monitora quando uma planta está com “sede”. O qual, por meio de sensores de umidade do solo (pregos para economizar recursos) executar-se-á um software que irrigará a planta e enviará um relatório ao usuário do consumo da água, bem como dos gastos dessa irrigação, isto via internet. O tempo de irrigação considerará, ainda, o consumo de água da planta, pois algumas plantas necessitam de mais água que outras. O sistema é bem simples e barato, pode ser implantado em vários lugares que usam muita água.

#### **5. O invento é passível de produção industrial e comercialização?**

Em um mundo em que a água está cada vez mais escassa o potencial e comercialização do Regador Automático é essencial às pessoas que se preocupam com os recursos escassos do nosso planeta. Além de fornecer ao usuário um histórico da irrigação em qualquer lugar que ele esteja, pois manda via internet, permite planejar o ato de irrigar.

## **6. O invento é inédito?**

Desconhecemos a existência de um Robô Regador Automático que irrigue e mande via internet um relatório ao usuário. Além de ter um custo muito baixo.

## **7. Resumo**

O Regador Automático é um robô que monitora quando a planta está com “sede”. Robô que funciona por meio de sensores de umidade do solo. Ele executará um software que irrigará a planta e enviará um relatório ao usuário do consumo da água, bem como dos gastos dessa irrigação, via internet. O tempo de irrigação considerará, ainda, o consumo de água da planta, pois algumas plantas necessitam de mais água que outras. O invento tem o objetivo de usar a tecnologia, de forma responsável, para irrigar plantas com o menor consumo de água. Dispensa o trabalho humano no processo de irrigação, o qual terá só o trabalho de ler o relatório do consumo de água que o Regador Automático manda ao final da irrigação. O projeto será uma evolução na agricultura, pois permite gastar menos água. Nossa invento pode ajudar a todos que usam irrigação e com isso o planeta, pois com a implementação da tecnologia terá economia de água.

## APÊNDICE 03 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: DESCARGA DIGITAL

### Resumo: Descarga Digital

A água mineral é um recurso renovável, presente por todo o planeta Terra, e através de seu ciclo hidrológico, consegue se renovar constantemente. Devido aos seus usos múltiplos – principalmente no consumo doméstico, na agricultura e na indústria – a água doce vem sendo cada vez mais degradada e poluída pelas atividades humanas, o que não pode ser revertido somente graças a seu ciclo. Um dos usos mais comuns e onerosos da água – por conta do tratamento – tem como finalidade o abastecimento público. De acordo com dados da ONU (Organização das Nações Unidas) (2011), uma pessoa sozinha pode gastar mais de 200 litros/dia. Em uma casa, até 80% do consumo de água se destina às descargas, o que acarreta um volume muito grande de desperdício. A ABNT dispõe, em sua norma 15.097/04, que todas as descargas – independentemente do modelo ou tipo – devem consumir no máximo 6 litros de água. Em 2009, a fundação SOS Mata Atlântica criou uma campanha estimulando as pessoas a urinarem durante o banho, o que pouparia as descargas. Tendo em vista o estudo de volumes de sólidos geométricos, na matemática do segundo ano, e diante da problemática acima, o projeto proposto visa *apresentar uma tecnologia para reduzir o gasto de água nas descargas*. Essa tecnologia possibilita que seja economizada certa quantidade do volume da água do sanitário, em acordo com a quantidade de dejetos. Através de pesquisa realizada com as pessoas da equipe, por meio de preenchimento de planilhas com quantidades de vezes de utilização do banheiro, realizamos uma estimativa de quantidades médias de uso do sanitário e de dejetos produzidos. Com os resultados da pesquisa, foi desenvolvida uma válvula eletrônica – com a utilização do controlador Arduino – para reduzir o desperdício de água durante a descarga. Essa água economizada servirá para abastecer outros fins importantes e necessários, fazendo com que sua manutenção seja consciente e evitando, assim, a escassez da água.

**Palavras-chave:** economia de água, volume, descarga, Arduino.

## APÊNDICE 04 – RESUMO SEMANA MULTIDISCIPLINAR: CHUVEIRO INTELIGENTE

### Resumo: Chuveiro Inteligente

A opção pela realização deste projeto deu-se por conta de nosso interesse na redução do desperdício de água, no dia a dia, pois sabemos que a água é um bem precioso essencial à nossa sobrevivência. Um dos usos mais comuns e onerosos da água – por conta do tratamento – tem como finalidade o abastecimento público. Segundo reportagem da revista Exame (2012), para um banho que dure aproximadamente 15 minutos, com a torneira aberta, há um consumo estimado de 135 litros de água. Esse valor é superior ao que a Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda de uso de água por pessoa, durante um dia todo. A ONU indica que 110 litros bastam para "atender às necessidades de consumo e higiene". Tendo em vista o estudo das funções, em nossa matemática do primeiro ano, e diante da problemática acima, o projeto *visa o desenvolvimento de uma alternativa viável de reaproveitamento da água do banho*. Através de pesquisa realizada com as pessoas da equipe, por meio de preenchimento de planilhas, com tempo e quantidades diárias de banhos, realizamos uma estimativa de tempo e volume médios de água gasta durante um banho. Com esses resultados, elaboramos uma tabela que indica tempo e quantidade mínima de água necessária. De posse desses dados, desenvolveu-se um dispositivo eletrônico – com a utilização do controlador Arduino – para reduzir o desperdício de água durante o banho. Durante a realização do projeto, foi dada atenção especial, não apenas à economia de água e energia, mas também de viabilidade do projeto, com o objetivo de ser uma boa opção, não apenas ambiental mas também econômica. Essa água economizada servirá para abastecer outros fins importantes e necessários, fazendo com que sua manutenção seja consciente, e evitando, assim, a escassez. Por fim, esclarecemos que este trabalho é parte de um projeto maior, que apresentará soluções para outras áreas do banheiro, como, por exemplo, a descarga.

**Palavras-chave:** economia de água, volume, banho, Arduino.

## APÊNDICE 05 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: REGADOR AUTOMÁTICO



### 1. Título

Regador Automático

### 2. Autores

### 3. Escola dos participantes e e-mail de contato

**Escola:** Instituto Federal de Educação, Ciéncia e Tecnologia do Triângulo Mineiro

### 4. Resumo

O Regador Automático é um robô “alimentado” com energia solar que monitora quando uma planta está com “sede”. O qual, por meio de sensores de umidade do solo, de baixo custo, executar-se-á um software que irrigará a planta e enviará um relatório ao usuário do consumo da água, bem como dos gastos dessa irrigação, via internet ou mensagem de texto para celular. O tempo de irrigação considerará, ainda, o consumo de água da planta, pois algumas plantas necessitam de mais água que outras. O invento tem o objetivo de usar a tecnologia, de forma responsável, para irrigar plantas com o menor consumo de água e sem uso de energia elétrica de fontes não renováveis. Dispensa, ainda, o trabalho humano no processo de irrigar, o qual terá só o trabalho em ler o relatório do consumo de água que o Regador Automático manda ao final da irrigação.

### 5. Subtema em que o trabalho se enquadra

Ciéncias Agrárias, Biológicas e da Saúde

### 2. Palavras-chave relacionadas ao presente invento

Irrigação automática, energia solar, meio ambiente, inovação

### 3. Objetivos da proposta

O invento tem como objetivo usar a tecnologia, de forma responsável, para irrigar plantas com o menor consumos de água e energia elétrica, que dispense o trabalho humano no processo

de irrigar e que envie para o usuário um relatório do consumo de água no final da irrigação. As vantagens são:

- 1- Usar a energia solar para eliminar o gasto com energia elétrica no processo de irrigação
- 2- Mostrar o gasto de água ao irrigar.
- 3- A irrigação da planta se dará no momento em que a umidade do solo estiver baixa.
- 4- Dispensa o trabalho do homem em para irrigar.
- 5- Construir um banco de dados e histórico da irrigação.
- 6- Não deixa a planta com “sede”, uma vez que será irrigada conforme a umidade do solo
- 7- Sensores de umidade feitos com materiais de baixo custo

#### **4. Descrição detalhada do invento (produto/processo/serviço)**

O regador automático é um robô movido a energia solar que monitora quando uma planta está com “sede”. O qual, por meio de sensores de umidade do solo, de baixo custo, executar-se-á um software que irrigará a planta e enviará um relatório ao usuário do consumo da água, bem como dos gastos dessa irrigação, isto via internet ou mensagem de texto via celular. O tempo de irrigação considerará, ainda, o consumo de água da planta, pois algumas plantas necessitam de mais água que outras. Toda essa tecnologia é “alimentada” por energia solar.

#### **5. O invento é passível de produção industrial e comercialização?**

Em um mundo em que a água e energia elétrica agregam valor a qualquer solução, pois a água está cada vez mais escassa e a energia elétrica de usinas hidrelétricas, por seu alto custo, por vezes prejudicam tanto ao meio ambiente quanto ao retorno financeiro daqueles que investem na agricultura por meio da irrigação. Assim, potencial e comercialização do Regador Automático é essencial à pessoas que se preocupam tanto com os recursos financeiros quanto com os recursos escassos do nosso planeta. Além de fornecer ao usuário um histórico da irrigação em qualquer lugar que ele esteja, pois manda via internet. Permite, ainda, que planeja o ato de irrigar

#### **6. Introdução**

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, na sigla em inglês) a agricultura usa 70% da água doce consumida no Brasil, porém metade

dela é desperdiçada. São vários os problemas para que se obtenha este resultado, um deles apontado pelo coordenador do programa Água Brasil da organização não-governamental WWF é falta de ferramentas(tecologias) que indicam o quanto de água usar nas plantações brasileira (GAZETA DO POVO, 2012).

Foi desse contexto que formulamos nosso problema: *Será que a produção de uma tecnologia (um robô irrigador) que indica o consumo de água das plantas favorece a econômica de água na agricultura?*

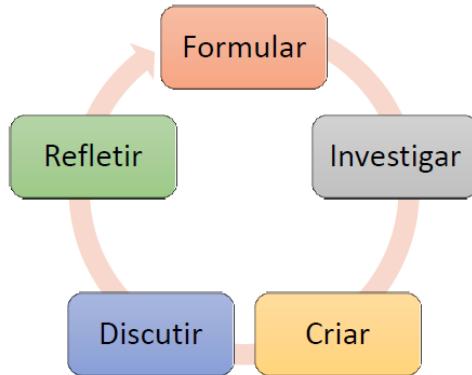
Apresentamos aqui a primeira parte dessa indagação que é a criação do Regador Automático, o robô irrigador. Essa tecnologia tem a ação de irrigar desde uma flor à hectares e hectares de plantação. Chamamo-lo de “Regador Automático”, pois une a tradição de regar com a inovação da automação. Ele usa sensores e atuadores para que nunca mais esqueçamos os horários regulares de regar as plantas e, ainda, ao final, mostra o quanto de água e energia consumiu para tal feito. Para o protótipo usamos componentes como: Uma placa Arduino, uma bomba de aquário, sensores de umidade do solo e alguns shield do Arduino para mostrar as informações obtidas pelo robô.

Acreditamos que o Regador Automático abrirá muitas possibilidades de aprendizagem para todos nós, pois ele é o resultado de que o cotidiano escolar pode construir tecnologias inovadoras para resolver problemas do dia.

## **7. Metodologia**

Embora o que apresentamos até aqui, exijam ações diferenciadas buscamos seguir uma mesma metodologia. Esta foi adaptado da Modelagem Matemática dos autores Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014). A modelagem permite que os alunos explorem seus próprios interesses e questionamentos, no entanto modificamos as fases cíclicas do processo, para nós, tais fases se dão da seguinte maneira: Primeiro é formular um problema, segundo investigar, planejar e executar prováveis soluções, terceiro criar aplicativo, jogo ou robô, quarto discutir sobre a relação entre o produto e o real, por fim, o quinto refletir sobre o que aprendeu (Figura 1).

Figura 1: Ilustração das fases da Modelagem



Fonte: adaptado de Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014)

Nesta metodologia somos incentivados a fazer perguntas e realizar pesquisas sobre temas que estamos interessados, e assim criamos nosso modelos para descoberta do mundo. Com ela iremos efetivar a proposta das metas.

#### Meta 1: Produzir o Regador Automático, o robô irrigador

Essa produção se dará usando uma placa Arduino, uma bomba de aquário, sensores de umidade do solo feitos com pregos e alguns shield feitos com sucata de celular para conexão com o Arduino no intuito de mostrar as informações obtidas pelo robô e envia-las via internet ou para celulares.

#### Meta 2: Investigar como o protótipo se favorece ou não a econômica de água

Essa investigação se dará irrigando uma pequena área sem o Regador Automático por determinado tempo, calculando a quantidade de água gasta e, posteriormente usando o Regador Automático. Assim comparando os resultados esperamos ter uma resposta.

## 8. Resultados e Discussão

O robô Regador Automático, bem como os estudos dele decorrente estão, ainda, em processo de desenvolvimento. Mas a primeira meta já foi alcançada, ao menos a versão beta do robô irrigador já cumpre com seu papel de irrigar quando a planta está com “sede” e de informar ao usuário um relatório sobre o consumo de água. Passarmos a construir os sensores de umidades com materiais metálicos, pois descobrimos que os vendidos em lojas nada mais são do que indicadores de condução elétrica, Figura 2.

Figura 1: Versão beta do Regador Automático



Fonte: Pesquisa de Campo, 2015.

## 9. Conclusão

O cuidado com o meio ambiente tornou-se muito necessário nos últimos anos e há uma crescente demanda por aplicativos "verdes" aliado aos interesses em jardins urbanos ou terraços verticais que permitem cultivar legumes nos centros das cidades. Desse contexto o robô Regador Automático é uma plataforma para controle da umidade de plantas usando sensores orientados tanto para uma só planta quanto para um plantio. O objetivo da plataforma é medir parâmetros como umidade do solo, enviando informações sobre consumo de água das plantas, usa-se atuadores como bomba d'água para irrigação que liga e desliga conforme a "planta sente sede". Buscamos, ainda, substituir a energia elétrica consumida pelo robô por energia solar para ter, ainda mais merecimento no nome de aplicativo "verde".

## 10. Bibliografia

MEYER, João Frederico da Costa de Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizete.; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática no ensino fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.

GAZETA DO POVO: **Quase metade da água usada na agricultura é desperdiçada**. Curitiba, 21 mar. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/tRfsYu>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

## APÊNDICE 06 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: DESCARGA DIGITAL



### **1. Título**

Descarga Digital

### **2. Autores**

### **3. Escola dos participantes e e-mail de contato**

**Escola:** Instituto Federal de Educação, Ciéncia e Tecnologia do Triângulo Mineiro

### **4. Resumo**

A ABNT dispõe em sua norma 15.097/04 que todas as descargas – independente do modelo ou tipo – devem consumir no máximo 6 litros de água. Em 2009, a fundação SOS Mata Atlântica criou uma campanha estimulando que as pessoas urinassem durante o banho, o que pouparia as descargas. Tendo em vista o estudo de volumes de sólidos geométricos na matemática do segundo ano e diante da problemática acima, o projeto proposto visa apresentar uma tecnologia para reduzir o gasto de água nas descargas. Essa tecnologia possibilita que seja economizada certa quantidade do volume da água do sanitário, em acordo com a quantidade de dejetos. Através de pesquisa realizada com as pessoas da equipe, por meio de preenchimento de planilhas com quantidades de vezes de utilização do banheiro, realizamos uma estimativa de quantidades médias uso do sanitário e de dejetos produzidos. Com os resultados da pesquisa, será desenvolvida uma válvula eletrônica – com a utilização do controlador Arduino – para reduzir o desperdício de água durante a descarga. Essa água economizada servirá para abastecer outros fins importantes e necessitados, fazendo com que sua manutenção seja consciente, e evitando assim, a escassez.

### **5. Subtema em que o trabalho se enquadra**

Ciências Exatas e da Terra, Engenharia e tecnologia

## 6. Objetivos da proposta

O invento tem como objetivo usar a tecnologia, de forma responsável, para economizar água na descarga do vaso sanitário. As vantagens são:

- 8- Economizar água de acordo com os dejetos sólidos e líquidos.
- 9- Possibilitar inserção da quantidade de litros a ser utilizada na descarga do vaso sanitário.
- 10- Baixo custo na produção da Descarga Digital.
- 11- O dispositivo é adaptável na maioria dos vasos sanitários.

## 7. Introdução

De acordo com dados da ONU (Organização das Nações Unidas), uma pessoa sozinha, pode gastar mais 200 litros/dia. Em uma casa, até 80% do consumo de água provém das descargas, pois os sistemas delas não diferenciam dejetos sólidos de líquidos e nem a quantidade desses dejetos, o que acarreta um volume muito grande de desperdício (SUPER INTERESSANTE, 2011).

Foi desse contexto que formulamos nosso problema: *Será que a produção de uma tecnologia (uma Descarga Digital) que possibilita a inserção da quantidade litros a ser utilizada, favorece a econômica de água de uma residência?*

Essa tecnologia tem a ação economizar certa quantidade do volume da água do sanitário, em acordo com a quantidade de dejetos. Através de pesquisa realizada com as pessoas da equipe, por meio de preenchimento de planilhas com quantidades de vezes de utilização do banheiro, realizamos uma estimativa de quantidades médias uso do sanitário e de dejetos produzidos. Com os resultados da pesquisa, foi desenvolvido uma válvula eletrônica – com a utilização do controlador Arduino, atuadores, teclados e display – para reduzir o desperdício de água durante a descarga. Essa água economizada servirá para abastecer outros fins importantes e necessitados, fazendo com que sua manutenção seja consciente, e evitando assim, a escassez.

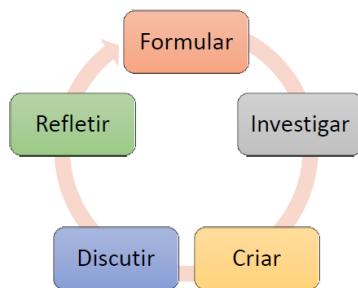
Esse dispositivo pode ser adaptado em quase todos os tipos de vasos sanitário, ele usa um circuito elétrico e atuadores controlados por uma placa Arduino, o que possibilita o usuário digitar o volume de água a ser usada, esse valor é mostrado em um display.

Acreditamos que a Descarga Digital abrirá muitas possibilidades de aprendizagem para todos nós, pois ela é o resultado de que o cotidiano escolar pode construir tecnologias inovadoras para resolver problemas do nosso dia-a-dia.

## 8. Metodologia

Embora o que apresentamos até aqui, exijam ações diferenciadas buscamos seguir uma mesma metodologia. Esta foi adaptado da Modelagem Matemática dos autores Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014). A modelagem permite que os alunos explorem seus próprios interesses e questionamentos, no entanto modificamos as fases cíclicas do processo, para nós, tais fases se dão da seguinte maneira: Primeiro é formular um problema, segundo investigar, planejar e executar prováveis soluções, terceiro criar aplicativo, jogo ou robô, quarto discutir sobre a relação entre o produto e o real, por fim, o quinto refletir sobre o que aprendeu (Figura 1).

Figura 1: Ilustração das fases da Modelagem



Fonte: adaptado de Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014)

Nesta metodologia somos incentivados a fazer perguntas e realizar pesquisas sobre temas que estamos interessados, e assim criamos nossos modelos para descoberta do mundo. Com ela efetivamos a proposta de duas metas.

**Meta 1: Produzir a Descarga Digital, o robô que controla a água da descarga de vasos sanitários**

Essa produção se deu usando uma placa Arduino para controlar um circuito elétrico e atuadores por meio de um modelo matemático permite o usuário escolher entre 1 a 9 litros para dar a descarga.

**Meta 2: Investigar o volume de água gasto em média para dar descarga**

Através de pesquisa realizada com as pessoas da equipe, por meio de preenchimento de planilhas com quantidades de vezes de utilização do banheiro, realizamos uma estimativa de quantidades médias uso do sanitário.

## **9. Resultados e Discussão**

A Descarga Digital, bem como os estudos dele decorrente estão, ainda, em processo de desenvolvimento. Mas já avançamos muito, o dispositivo foi produzido, ao menos a versão beta do dele já controla a quantidade de água a ser usada na descarga do vaso sanitário.

Com a coleta de dados descobrimos que o ser humano em média usa a descarga uma vez ao dia para dejetos sólidos e cinco vezes para dejetos líquidos. As caixas de descarga que analisamos tem média um volume de água de aproximadamente 9 litros, contudo segundo a norma NBR 15.097/04, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, esse consumo teria que ser de 6 litros (SUPER INTERESSANTE, 2011). O que mostra um não cumprimento das normas. Mas mesmo com os 6 litros da ABNT se a descarga só tem um sistema de descarga e como sabemos os dejetos líquidos e sólidos não precisão da mesa quantidade de água para serem descartados, nosso gasto seria de 36 litros. Como a nossa investigação nos apresentou caixa de descargas com 9 litros, esse desperdício seria de 54 litros. São 18 litros por dia desperdiçados só por não cumprirmos as normas técnicas. Ao usarmos nosso sistema, supondo que os dejetos líquidos tenhamos em média consumido 3 litros de água e para o dejetos sólidos os 9 litros teríamos, então, 24 litros consumidos, uma economia de 30 litros mesmo fora das normas técnicas. Com o valor sugerido pela ABNT teríamos um consumo de 21 litros. Note que nosso dispositivo ainda ajuda a regular o consumo às normativas da ABNT. Isso se dá, pois fazemos muito mais dejetos líquidos do que sólidos.

A criação de nosso dispositivo favorece não só ao meio ambiente, mas também as normativas técnicas brasileira, como mostrado acima. Além de ser mais lógico ao consumo de água por parte dos humanos, afinal não é isso que nos diferencia dos outros animais?

## **10. Conclusão**

O cuidado com o meio ambiente tornou-se muito importante nos últimos anos e há uma crescente demanda por aplicativos "verdes" aliado aos interesses em economizar dinheiro e água nas residências. Desse ponto de vista a Descarga Digital é uma plataforma para controle do volume de água usada nas descargas dos vasos sanitários, usando um circuito elétrico e atuadores que permite ao usuário escolher em um intervalo de 1 a 9 litros de água para descartar seu dejetos sólido ou líquido. O objetivo da plataforma é a economia de água sem perder de vista a necessidade de limpeza dos vasos sanitários. Acreditamos, ainda, que esse aplicativo "verde" servirá de educador para nossos hábitos de consumo de água.

## 11. Bibliografia

MEYER, João Frederico da Costa de Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizete.; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática no ensino fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.

**SUPER INTERESSANTE: Até 80% do consumo de água nas casas vem das descargas.**

São Paulo, 13 mai. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/kpI5nc>>. Acesso em: 04 fev. 2015.

## APÊNDICE 07 – RESUMO CIÊNCIA VIVA: CHUVEIRO INTELIGENTE



### 1. Título

Chuveiro Inteligente

### 2. Autores

### 3. Escola dos participantes e e-mail de contato

**Escola:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro

### 4. Resumo

Esse projeto deu-se por conta de nosso interesse na redução do desperdício de água no dia-a-dia, pois sabemos que a água é um bem precioso e essencial à nossa sobrevivência. Com isso em mente e com os altos valores cobrados pelo consumo de energia elétrica no Brasil, decidimos investigar e produzir uma tecnologia que no âmbito residencial buscasse economia nessas duas frentes. O chuveiro foi escolhido, pois ele é tido como o vilão tanto do consumo de energia elétrica quanto da água. Assim criamos o Chuveiro Inteligente, um robô que controla o tempo de funcionamento do chuveiro elétrico. Ele foi configurado para ligar e desligar duas vezes durante o banho. No primeiro momento ele liga para molhar o usuário e, no outro para esse se enxaguar. Esses dois tempos podem ser pré-configurado. Acreditamos que esse dispositivo economizará água, energia elétrica e dinheiro do usuário, apenas no ligar e desligar o chuveiro.

### 5. Subtema em que o trabalho se enquadra

Multidisciplinar

### 6. Objetivos da proposta

O invento tem como objetivo usar a tecnologia, de forma responsável, para controlar o tempo do usuário no banho e, assim, ter um menor consumos de água e energia elétrica, dispensando o trabalho humano no processo de abrir e fechar o registro para molhar e enxaguar, pois o Chuveiro Inteligente fará isso. As vantagens são:

- 12- Economizar energia elétrica e água, uma vez que o chuveiro não fica todo o tempo ligado.
- 13- O chuveiro desligará e ligará só sem a intervenção humana, mas o mesmo poderá desligar se o tempo de molhar e enxaguar for maior que o usuário necessitou.
- 14- Economizar dinheiro, uma vez que o consumo tanto de energia quanto de água serão menores.
- 15- Baixo custo na produção do Chuveiro Inteligente.
- 16- O dispositivo é adaptável a qualquer chuveiro elétrico.

## **7. Introdução**

Segundo as Organizações das Nações Unidas (ONU) 110 litros de água são suficientes para atender às necessidades de consumo e higiene humanas no período de um dia, contudo em apenas 15 minutos no banho o consumo é de 135 litros (EXAME, 2014).

Foi desse contexto que formulamos nosso problema: *Será que a produção de uma tecnologia (um Chuveiro Inteligente) que divide o banho em dois momentos, uma para se molhar e outro para enxaguar, favorece a econômica de água e energia elétrica em uma residência?*

Apresentamos aqui a primeira parte dessa indagação que é a criação do Chuveiro Inteligente. Essa tecnologia tem a ação de temporizar nosso banho em duas partes a primeira deixa o chuveiro ligado um curto espaço de tempo, por exemplo 3 minutos, para nos molharmos e então o chuveiro é desligado automaticamente. O desligamento se dá por outro espaço de tempo, por exemplo 5 minutos, e, com isso, é novamente ligado, por um outro espaço de tempo, por exemplo 3 minutos. Esses tempos são pré-configurados e estamos coletando dados para encontrar sugerir o melhor tempo para um banho confortável, mas que economize o máximo de água e energia elétrica possível.

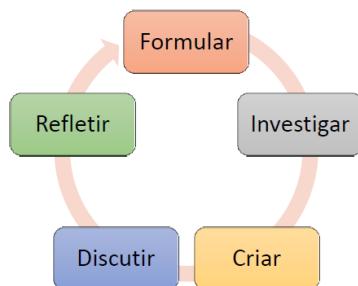
Esse dispositivo pode ser adaptado em qualquer chuveiro, ele usa um circuito elétrico e atuadores controlados por uma placa Arduino, o que faz com um clique tudo funcione e que nossos pais nunca mais fique gritando: “menina(o) saía do banho”.

Acreditamos que o Chuveiro Inteligente abrirá muitas possibilidades de aprendizagem para todos nós, pois ele é o resultado de que o cotidiano escolar pode construir tecnologias inovadoras para resolver problemas do nosso dia-a-dia.

## 8. Metodologia

Embora o que apresentamos até aqui, exijam ações diferenciadas buscamos seguir uma mesma metodologia. Esta foi adaptado da Modelagem Matemática dos autores Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014). A modelagem permitir que os alunos explorem seus próprios interesses e questionamentos, no entanto modificamos as fases cílicas do processo, para nós, tais fases se dão da seguinte maneira: Primeiro é formular um problema, segundo investigar, planejar e executar prováveis soluções, terceiro criar aplicativo, jogo ou robô, quarto discutir sobre a relação entre o produto e o real, por fim, o quinto refletir sobre o que aprendeu (Figura 1).

Figura 1: Ilustração das fases da Modelagem



Fonte: adaptado de Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) e Biembengut (2014)

Nesta metodologia somos incentivados a fazer perguntas e realizar pesquisas sobre temas que estamos interessados, e assim criamos nossos modelos para descoberta do mundo. Com ela efetivamos a proposta de duas metas.

### **Meta 1: Produzir o Chuveiro Inteligente, o robô que educa nosso banho**

Essa produção se dará usando uma placa Arduino para controlar um circuito elétrico e atuadores que desligam e ligam o chuveiro para evitar o desperdício de água e energia no momento em que estamos ensaboando.

### **Meta 2: Investigar o tempo médio mais adequado à economia e ao conforto humano**

Essa investigação ainda está em andamento, ela é uma coleta de dados do tempo em que as pessoas ficam no chuveiro. Assim esperamos ter uma média que não cause desconforto ao tomar banho, mas que gaste água e energia desnecessariamente.

## 9. Resultados e Discussão

O Chuveiro Inteligente, bem como os estudos dele decorrente estão, ainda, em processo de desenvolvimento. Mas, a primeira meta já foi alcançada, ao menos a versão beta do dispositivo que controla o chuveiro, ele já cumpre com seu papel de temporizar o banho. Com a coleta de dados descobrimos que o tempo médio no chuveiro de nosso grupo inicial (seis pessoas) foi de 13,8 minutos. O modelo mais comum de chuveiro desse grupo foi o Lorenzetti Max Ducha que possui uma vazão de 4,6 litros por minuto, ou seja, em média nosso grupo consome 63,48 litros de água por banho. Esse chuveiro em sua potência máxima consome 5500 Wats, segundo o fabricante, assim o consumo de energia elétrica, em média, de nosso grupo foi de aproximadamente 38 KWh. Nossa estudo, agora, é coletar dados com o Chuveiro Inteligente para que saibamos o intervalo médio e aí podermos concluir se há ou não uma redução no consumo.

## 10. Conclusão

O cuidado com o meio ambiente tornou-se muito importante nos últimos anos e há uma crescente demanda por aplicativos "verdes" aliado aos interesses em economizar dinheiro, água e energia elétrica nas residências. Desse contexto o Chuveiro Inteligente é uma plataforma para controle do banho usando circuito elétrico e atuadores para temporizar o banho, permitindo que ensaboamos sem o gasto de água ou energia elétrica. O objetivo da plataforma é a economia sem perder de vista o conforto de bom banho. Acreditamos, ainda, que esse aplicativo "verde" servirá de educador para nossos hábitos de consumo principalmente de água.

## 11. Bibliografia

MEYER, João Frederico da Costa de Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizete.; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática no ensino fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.

**EXAME: Banho consome mais do que o sugerido pela ONU**. São Paulo, 21 mar. 2012.

Disponível em: <<http://goo.gl/6Ci6at>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

## APÊNDICE 08 – PERGUNTAS DA ENTREVISTA

1. O que você aprendeu nesse projeto?
2. Na montagem do seu protótipo você se baseou em alguma outro?
3. Você precisou de algum conhecimento matemático para desenvolver o seu protótipo?  
Se sim, quais?
4. O que achou de desenvolver programação no projeto? Foi uma sensação incrível. Nunca imaginei que eu, como técnica em Meio Ambiente, teria capacidade de programar um aplicativo.
5. O que você achou de participar do projeto?
6. Atingiu sua expectativa? O que você esperava?
7. O que mais você mais gostou ao desenvolver o protótipo?
8. E o que menos gosto de fazer?
9. Você acha que sua vida mudou por causa do projeto?
10. Como foi desenvolver o protótipo em grupo?
11. Outras pessoas contribuíram para desenvolver seu protótipo?
12. Para você qual a importância de apresentar um produto em um Evento?
13. Para você ter participado desse projeto influenciou no seu futuro profissional?
14. Para você qual a pergunta que eu deveria ter feito e não fiz?