

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**

KAREN SELBACH BORGES

**Um Estudo Sobre Pensamento Formal
No Contexto dos Makerspaces Educacionais**

Porto Alegre, 2018

KAREN SELBACH BORGES

Um Estudo Sobre Pensamento Formal No Contexto dos Makerspaces Educacionais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Informática na Educação do Centro
Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
como requisito parcial para a obtenção do título de
Doutor em Informática na Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes
Coorientador: Prof. Dr. Crediné Silva de Menezes
Linha de Pesquisa: Interfaces digitais em educação,
arte, linguagem e cognição.

Porto Alegre, 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Selbach Borges, Karen

Um Estudo Sobre Pensamento Formal No Contexto dos
Makerspaces Educacionais / Karen Selbach Borges. --
2018.

201 f.

Orientador: Léa da Cruz Fagundes.

Coorientador: Crediné Silva de Menezes.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares
em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-
Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-
RS, 2018.

1. Desenvolvimento Cognitivo. 2. Makerspaces
Educacionais. 3. Fabricação Digital. 4. Arquiteturas
Pedagógicas. I. da Cruz Fagundes, Léa, orient. II.
Silva de Menezes, Crediné, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Sem dúvida alguma a pessoa mais importante nessa etapa da minha vida foi o meu marido Marco Antonio Rocha da Silva, que me apoiou desde o primeiro dia, que abriu mão da minha companhia em vários momentos, que me ajudou a controlar a ansiedade e que me trouxe café e conforto nas horas de trabalho. Sem ele tudo teria sido mais difícil !

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Léa da Cruz Fagundes por ter acreditado em mim. A querida Prof, como costume chamá-la, sempre será uma inspiração, um exemplo a ser seguido como pesquisadora e como a mulher determinada, frente ao seu tempo, que batalhou pela inovação na educação.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Crediné Silva de Menezes pelos conselhos valiosíssimos, pela paciência e todo o apoio, especialmente na etapa final do doutorado. Suas orientações durante o fechamento da tese contribuíram enormemente para a finalização desse documento. Obrigada pela amizade e parceria !

Agradeço aos meus colegas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, câmpus Porto Alegre, que sempre apoiaram e incentivaram meus projetos. Em especial quero agradecer ao Prof. Dr. André Peres, coordenador do POALab, por ter me apresentado a proposta dos FabLabs e, com isso, me propiciado a oportunidade de desenvolver pesquisa em um ambiente de aprendizagem inovador. Encontrei no Prof. André um amigo, conselheiro e visionário que, assim como eu, acredita que um outro modelo de educação é possível e confia no potencial que a cultura maker tem para tornar isso realidade.

Outra colega a quem não posso deixar de agradecer é a Profa. Maria Inês Castilho. Sempre com uma atitude positiva frente as dificuldades, eu sabia que encontraria nela as palavras de incentivo e o sorriso de uma verdadeira amiga. Agora, terminada essa etapa do doutoramento, teremos tempo de executar os projetos que nossas mentes criativas e inquietas planejaram ao longo desses anos.

Agradeço a Profa. Dra. Breanne Litts, do Instructional Technology & Learning Science Department, Emma Eccles Jones College of Education and Human Services, da Utah State University, e à CAPES por terem me dado a oportunidade

de realizar o sonho de aprofundar meus estudos em uma universidade fora do país. Sem dúvida essa experiência foi transformadora.

Por fim, meus agradecimentos as pessoas que me deram a vida, que me prepararam para enfrentá-la e que sempre acreditaram em mim: meus pais. Minha mãe, Wania Selbach foi a minha primeira professora, aquela quem me ensinou a contar, somar e subtrair usando palitinhos de fósforo, e quem me ajudou a aprender a aprender. Meu pai, Carlos Alberto de Moura Borges, foi o primeiro maker que conheci, quando ainda nem existia essa palavra, e que me inspirou com a sua capacidade de resolver problemas de forma criativa. Tenham certeza de que vocês sempre foram meus exemplos; um farol iluminando o caminho.

RESUMO

Para inovar é preciso pessoas preparadas para criar, com habilidades e competências para isso, mas principalmente com os esquemas cognitivos necessários desenvolvidos. Estudos mostram que nem todo o sujeito adulto atinge o estágio de desenvolvimento operatório formal, no qual, segundo Jean Piaget, ocorrem as condições cognitivas ideais para a produção de invenções. Então, para que tenhamos sujeitos inovadores, é preciso, antes de tudo, termos sujeitos operatório-formais e, para isso, devemos buscar apoio em métodos e ambientes inovadores de aprendizagem sejam eles formais, ou não. A partir disso, investigamos se seria possível promover o uso do pensamento formal, e quem sabe o seu desenvolvimento, a partir do desenvolvimento de projetos de fabricação digital em makerspaces educacionais. Para tanto, conduzimos experimentos, no forma de Oficinas de Criatividade no laboratório de fabricação digital POALab, as quais foram conduzidas conforme a Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Makerspaces Educacionais, desenvolvida como parte dessa tese de doutorado. Todos os sujeitos participantes das oficinas foram previamente situados dentro de uma Escala do Pensamento Lógico como operatório concreto ou operatório formal, utilizando para isso as Provas Operatórias Coletivas de autoria de François Longeot. A coleta de dados se deu através de observações durante as oficinas, gravações de vídeo e áudio, leitura e análise dos registros individuais nos portfólios de projeto e diálogos com os sujeitos, conduzidos conforme o Método Clínico. A análise dos dados foi feita de forma qualitativa, à luz da teoria dos estágios cognitivos de Jean Piaget, a partir das evidências de abstração, de raciocínio hipotético-dedutivo e de operações sobre proposições, combinatórias e proporções. Os resultados obtidos mostraram que sujeitos operatório-concretos, ao se envolverem com projetos que requeriam o uso de equipamentos de fabricação digital, tais como impressora 3D e cortadora laser, apresentavam indícios de uso do pensamento formal. Isso é um indicativo de que os projetos, por utilizarem esse tipo de equipamento, potencializam nos sujeitos o desenvolvimento de abstrações reflexionantes, a elaboração de hipóteses e a realização de operações mentais de segunda ordem, tais como as combinatórias e as proporções. Dessa forma, concluímos que os makerspaces podem não só servir como espaços de criação, mas também como ambientes inovadores de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo.

Palavras-chave: pensamento formal, desenvolvimento cognitivo, Jean Piaget, makerspaces, fabricação digital, arquitetura pedagógica.

ABSTRACT

In order to produce innovations, it is necessary for people to have appropriate cognitive schemes well developed. According to Jean Piaget's theory of intellectual development stages, a person will be able to invent, which is the first stage of innovations, only after reaching the formal stage. However, it is known that many adults don't reach this stage of development. So, how can we expect them to be inventors and innovators? From this, we have investigated if it would be possible to develop the use of formal thinking through digital manufacturing projects in educational makerspaces. To do so, we developed experiments at POALab Fab Lab, using the Creativity Workshops for its purpose. These workshops were conducted according to a Learning Framework, developed as part of this doctoral thesis. All the participants were previously tested, using François Longeot's Collective Operations Tests, and located within Longeot's Logical Thought Development Scale. Data was collected during workshops and consists of annotations, video and audio recordings, records from individual project portfolios and dialogues with the subjects, which were conducted according to the Clinical Method. The data analysis was done in a qualitative way, in the light of Jean Piaget's theory, based on evidences of abstraction, hypothetical-deductive reasoning, and operations on propositions, combinatorial, and proportions. As a result, we found evidences that concrete subjects, when engaged with projects that require the use of digital manufacturing equipment, such as 3D printer and laser cutter, are demanded to use formal thinking. This leads us to believe that the projects, by using this type of equipment, enhance the development of reflective abstractions, the elaboration of hypotheses and the realization of second order operations, such as combinatorial and proportional. In this way, we consider that the makerspaces can be spaces of creation, but mainly as innovative environments of learning and cognitive development.

Key-words: formal thinking, cognitive development, Jean Piaget, makerspaces, digital fabrication, pedagogical architecture.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Motivação	15
1.2	Hipótese e Questões de Pesquisa	18
1.3	Estrutura da Tese	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	Elementos do Desenvolvimento Cognitivo	20
2.2	Estágios de Desenvolvimento	23
2.2.1	Sensório-Motor e Pré-Operatório.....	24
2.2.2	Operatório Concreto.....	25
2.2.3	Operatório Formal	26
3	O MOVIMENTO MAKER.....	31
3.1	Atores, Ferramentas e Espaços	32
3.2	O projeto POALab Fab Lab.....	36
4	O MOVIMENTO MAKER E A EDUCAÇÃO.....	37
4.1	FabLearn	40
4.2	Fundamentos Pedagógicos.....	42
4.2.1	John Dewey	42
4.2.2	Seymour Papert	43
4.2.3	Paulo Freire.....	45
4.3	Práticas Pedagógicas.....	46
5	MÉTODO DE PESQUISA.....	50
5.1	O Método de Exploração Crítica de Inhelder	50
5.2	O Método Utilizado	53
5.2.1	Os Testes Operatórios Coletivos	54
5.2.2	Portfólios de Aprendizagem	57
5.2.3	Arquitetura Pedagógica Para Aprendizagem em <i>Makerspaces</i> Educaionais.....	58
5.2.4	As Oficinas de Criatividade no Contexto da Cultura <i>Maker</i>	61
6	OFICINA DE CRIATIVIDADE 1	63
6.1	Análise de Dados	67
6.2	Considerações Sobre o Experimento.....	70
7	OFICINA DE CRIATIVIDADE 2	72
7.1	Análise de Dados	75
7.1.1	Conhecer.....	75
7.1.2	Compreender	77
7.1.3	Criar e Testar	79
7.2	Considerações Sobre o Experimento.....	84

8	OFICINA DE CRIATIVIDADE 3	87
8.1	Descrição da Oficina Sob a Perspectiva da APAME.....	87
8.2	Análise dos Dados.....	96
8.2.1	Questões Sobre a Experiência de Criação dos Barquinhos com Sucata.....	96
8.2.2	Questões Sobre as Atividades de Familiarização Com as Ferramentas Digitais	98
8.2.3	Questões Sobre Navegação a Vela.....	103
8.3	Estudos de Caso	104
8.3.1	O Caso Giovana.....	104
8.3.2	O Caso Julia.....	111
8.3.3	O Caso Mirian	119
8.3.4	O Caso Paulo.....	126
8.3.5	O Caso Pilar.....	132
8.4	Considerações Sobre o Experimento	140
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES	144
9.1	Questão 1 - Quando o pensamento formal é aplicado durante as atividades de fabricação digital?.....	144
9.2	Questão 2 - As atividades de fabricação digital Podem Contribuir Para o desenvolvimento do pensamento formal?	146
9.3	Questão 3 - Qual seria uma abordagem pedagógica adequada para o uso do pensamento formal a partir do desenvolvimento de projetos de fabricação digital?	149
10	CONCLUSÕES.....	152
10.1	Contribuições da Pesquisa	155
	REFERÊNCIAS	157
	APÊNDICE A - MANUAL DA PROVA T.O.F.L.P	164
	APÊNDICE B - MANUAL DA PROVA T.O.F.C	169
	APÊNDICE C - MANUAL DA PROVA T.O.F.P	172
	APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	176
	APÊNDICE E - RECURSOS DISPONÍVEIS NO POALAB	178
	APÊNDICE F - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES SOBRE A ATIVIDADE COM SUCATA	185
	APÊNDICE G - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES SOBRE O USO DAS FERRAMENTAS DE FABRICAÇÃO DIGITAL	188
	APÊNDICE H - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES FINAIS.....	196

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A cultura maker como resultado da união entre a cultura Hacker e o Movimento Do It Yourself.....	31
Figura 2 - Professor Pardal, criado em 1952 por Carl Barks	32
Figura 3 - Capas da revista Popular Mechanics	33
Figura 4 - Capas da revista Make	33
Figura 5 - Momentos da APAME.....	59
Figura 6 - Luminária para notebook	66
Figura 7 - Luminária decorativa.....	66
Figura 8 - Esboço feito por Heitor das medidas e modelo da caixa.....	67
Figura 9 - Modelo vetorial da caixa - extraído dos registros de Carlos	68
Figura 10 - Visão lateral da luminária para notebook - extraído dos registros de Bruna.....	68
Figura 11 - Alternativas para o modelo de luminária para notebook - extraído dos registros de Carlos	68
Figura 12 - Protótipo em papel da luminária decorativa - extraído dos registros de Angelo	69
Figura 13 - Da esquerda para a direita, o primeiro protótipo em papel, a peça final em madeira e o segundo protótipo em papel - extraído dos registros de Angelo	70
Figura 14 - Protótipo feito em papelão	74
Figura 15 - Protótipos dos peões feito em plástico usando a impressora 3D	75
Figura 16 - Rascunho do jogo Tigre.....	76
Figura 17 - Jogos de tabuleiro que foram experimentados.....	77
Figura 18 - Jogo Star Wars X-Wing	78
Figura 19 - Canvas criado pelo grupo 1	79
Figura 20 - Protótipo em papel.....	81
Figura 21 - Protótipo em papelão, marcado com o auxílio da cortadora laser	82
Figura 22 - Versão final do jogo do grupo 1	83
Figura 23 - Vista superior	84
Figura 24 - Vista lateral	84
Figura 25 - Barco desenhado por Marcus e Paulo.....	88
Figura 26 - Barco desenhado por Mirian e Giovana	88

Figura 27 - Barco desenhado por Eliana e Júlia	89
Figura 28 - Barco desenhado por Pamela e Silvia.....	90
Figura 29 - Barco desenhado por Pilar e Fabiola.....	90
Figura 30 - Calha e ventilador usados para o teste dos barquinhos.....	91
Figura 31 - O palestrante analisando os barquinhos de sucata.....	93
Figura 32 - Desenho criado por Eliana.....	94
Figura 33 - Desenho criado por Pedro	95
Figura 34 - Desenho criado por Júlia	95
Figura 35 - Material de apoio para a atividade de combinatória	103
Figura 36 - Barquinho criado por Giovana	105
Figura 37 - Instrumento utilizado no teste lógico.....	106
Figura 38 - Instrumento utilizado no teste presencial sobre combinatórias	108
Figura 39 - Identificação das figuras através de números	109
Figura 40 - Anotações de Giovana.....	109
Figura 41 - Anotações de Giovana.....	110
Figura 42 - Imagem obtida por Júlia através de pesquisa na Internet	112
Figura 43 - Desenho do projeto do barco de Júlia	112
Figura 44 - Barquinho criado por Júlia	113
Figura 45 - Conjuntos representados por letras e as formas por números.....	116
Figura 46 - Demonstração do raciocínio de Júlia sobre o problema da combinatória	117
Figura 47 - Cálculo da combinatória apresentado por Júlia.....	118
Figura 48 - Fórmula criada por Júlia	118
Figura 49 - Desenho feito por Mirian, do barco visto por trás	120
Figura 50 - Barquinho criado por Mirian.....	121
Figura 51 - Instrumento utilizado no teste presencial das combinatórias	123
Figura 52 - Combinações apresentadas por Mirian, a partir do cubo vermelho	124
Figura 53 - Cálculo apresentado por Mirian	124
Figura 54 - Mirian durante o teste presencial das proporções	125
Figura 55 - Paulo conferindo as medidas do casco do barco	127
Figura 56 - Desenho do projeto do barco de Paulo	128
Figura 57 - Modelagem 3D do trimaran de Paulo	129
Figura 58 - Casco do barco de Paulo sendo impresso	129
Figura 59 - Barquinho criado por Paulo	130

Figura 60 - Desenhos do projeto do barco de Pilar e o modelo em papelão	133
Figura 61 - Barquinho criado por Pilar	134
Figura 62 - Instrumento utilizado no teste presencial sobre combinatórias	136
Figura 63 - Anotações de Pilar	137
Figura 64 - Anotações de Pilar	138
Figura 65 - Anotações de Pilar sobre o problema das proporções	139
Figura 66 - Impressoras 3D disponíveis no POALab	178
Figura 67 - Exemplo de código .gcode.....	180
Figura 68 - Comparativo entre as diferentes porcentagens de preenchimento	180
Figura 69 - Outros padrões de preenchimento	181
Figura 70 - Cortadora laser disponível no POALab	181
Figura 71 - Plotter de recorte disponível no POALab.....	183
Figura 72 - Extrusora disponível no POALab	183
Figura 73 - Fresadora de precisão disponível no POALab	184

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - As transformações do grupo INRC	28
Quadro 2 - Combinações possíveis entre as operações do grupo INRC	28
Quadro 3 - Dados gerais sobre as Oficinas de Criatividade	61
Quadro 4 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 1.....	64
Quadro 5 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 2.....	73
Quadro 6 - Amostra da tabela criada por Elias	85
Quadro 7 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 3.....	87
Quadro 8 - Resultados dos Testes Operatórios Coletivos	96
Quadro 9 - Questões apresentadas após a atividade de corte a laser	101
Quadro 10 - Questões apresentadas após a atividade de impressão 3D.....	102
Quadro 11 - Operações INRC construídas a partir das relações entre espessura do MDF e velocidade do laser.	142
Quadro 12 - Comparativo entre os materiais ABS e PLA	178
Quadro 13 - Especificações para material do tipo MDF.....	182
Quadro 14 - Respostas à questão 1 sobre a atividade com sucata.....	185
Quadro 15 - Respostas à questão 2 sobre a atividade com sucata.....	185
Quadro 16 - Respostas à questão 3 sobre a atividade com sucata.....	186
Quadro 17 - Respostas à questão 4 sobre a atividade com sucata.....	186
Quadro 18 - Respostas à questão 1 sobre corte a laser.....	188
Quadro 19 - Respostas à questão 2 sobre corte a laser.....	189
Quadro 20 - Respostas à questão 3 sobre corte a laser.....	190
Quadro 21 - Respostas à questão 4 sobre corte a laser.....	191
Quadro 22 - Respostas à questão 1 sobre impressão 3D	192
Quadro 23 - Respostas à questão 2.1 sobre impressão 3D	193
Quadro 24 - Respostas à questão 2.2 sobre impressão 3D	194
Quadro 25 - Respostas à questão 3 sobre impressão 3D	195
Quadro 26 - Respostas à 1ª. questão do conjunto de questões finais	196
Quadro 27 - Respostas à 2ª. questão do conjunto de questões finais	197
Quadro 28 - Respostas à 3ª. questão do conjunto de questões finais	198
Quadro 29 - Respostas à 4ª. questão do conjunto de questões finais	199

1 INTRODUÇÃO

Os grandes avanços da humanidade ocorreram graças a inovações nas áreas de saúde, energia, comunicação e processamento de dados, produção de alimentos, arte, entre outros. Por trás dessas inovações existiram pessoas curiosas, determinadas e capacitadas para resolver problemas. Os desafios que se apresentam no mundo de hoje possuem um elevado nível de complexidade que, para serem solucionados, demandam criatividade. Essa é considerada por muitos como a pedra fundamental de qualquer invenção ou inovação. Apesar de muitas vezes serem usados indistintamente, esses termos possuem significados diferentes. Invenção corresponde a criação de algo novo, com aplicação prática e imediata, ou não. Leonardo Da Vinci é considerado o pai de várias invenções: o paraquedas, o tanque blindado, o helicóptero, entre outras (HISTÓRIADIGITAL, s.d). Nenhuma dessas invenções chegou a ser efetivamente utilizada, até o momento em que elas se fizeram necessárias e as condições para sua fabricação se tornaram favoráveis. Dessa forma, uma invenção passa a constituir uma inovação quando é absorvida pela sociedade, trazendo consigo mudanças de comportamento, de mercado ou de formas de produção.

Atualmente, inovação é sinônimo de prosperidade. O potencial de inovação de um país tem se mostrado como fator determinante para o crescimento da economia e, conseqüentemente, melhoria das condições de vida da população. Entretanto, a inovação depende tanto de pessoas quanto de recursos tecnológicos. Chandrajit Banerjee (2014) afirma que:

Nós observamos que algumas nações se sobressaem na capacidade de inovar em relação a outras. O principal fator para esta disparidade é a qualidade do capital humano ligado às atividades de inovação nesses países. Outros fatores, como tecnologia e capital, também influenciam no processo de inovação; mas estes estão correlacionados ao fator humano (tradução nossa)

Ao falar sobre o capital humano, Banerjee traz a teoria criada por Theodore Schultz, segundo a qual *“maior investimento social ou individual em educação significaria maior produtividade e, conseqüentemente, maior crescimento econômico e desenvolvimento em termos globais e ascensão social do ponto de vista individual”* (FRIGOTTO, 2006 p. 7). Concluimos, assim, que a educação é um dos fatores que colaboram para a produção de inovações.

Contudo a área da educação enfrenta uma série de problemas, os quais dificultam a formação de sujeitos criativos e inovadores. Os problemas passam pela má formação e desvalorização do professor, pela precariedade dos espaços escolares, pela falta de bibliotecas e laboratórios, pela estrutura curricular e pela forma como o processo de aprendizagem é conduzido. Sobre isso, Hengemühle (2014) questiona:

Como é possível exercitar mentes inovadoras, criativas, transformadoras, persistentes, diferenciadas em seu modo de agir, munidas de bases conceituais para ações embasadas em uma educação que, em geral, limita-se a passar informações pouco significativas e a cobrar a sua repetição (p. 30)

Este modelo educacional apoiado em uma pedagogia diretiva, representa a *“morte da crítica, da criatividade, da curiosidade, da inventividade – de tudo aquilo que configura a atividade reflexiva, filosófica ou científica; morte inclusive da pergunta”* (BECKER, 2012 p.16). Se a pergunta é o elemento que dá início a qualquer projeto de inovação, como esperar que uma educação desse tipo seja capaz de preparar os jovens para serem inventores, cientistas ou inovadores?

1.1 MOTIVAÇÃO

Como professora de ensino técnico e tecnológico de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, que tem suas atividades orientadas para formação para o mundo do trabalho, o desenvolvimento de inovações e a transferência de tecnologia, comecei a questionar o que poderia ser feito para que os alunos, ao concluírem o curso que haviam escolhido, pudessem produzir inovações nas suas áreas de atuação.

Estudando sobre este assunto, cheguei ao entendimento de que a criação é o alicerce de um processo de inovação. Assim, para que um sujeito seja considerado inovador, ele deve ser capaz de criar (um novo produto, processo, método ou modelo). A criação é obra da inteligência e fruto de uma construção de conhecimento, e constitui um dos temas estudados em profundidade por Jean Piaget.

Segundo Piaget, a criação da novidade torna-se possível a partir do momento em que o sujeito atinge o nível operatório formal, entre 12 e 14 anos de idade¹. Esse nível é caracterizado pelo raciocínio hipotético-dedutivo, que é o raciocínio que

¹ É importante esclarecer que, para Piaget, a idade não é o fator determinante na mudança dos estágios de desenvolvimento.

permite deduzir conclusões a partir de premissas em vez de deduzir diretamente a partir da realidade percebida. Ou seja, o sujeito é capaz de estabelecer hipóteses e, mentalmente, testá-las, descartá-las ou aceitá-las como soluções de problemas.

Entretanto, estudos mostram que nem todos os sujeitos chegam à vida adulta com o pensamento formal desenvolvido. Cantelli, Borges e Mantovani de Assis (2002) concluíram que apenas 6,5% dos sujeitos matriculados na modalidade EJA (Educação de Jovens e Adultos) encontravam-se no estágio operatório formal. Szymanski (2011), comprovou estatisticamente que a maioria dos sujeitos da pesquisa (alunos dos cursos de Atendente de Enfermagem), embora adultos cronologicamente, se encontravam no nível Operatório Concreto. Os resultados obtidos por estes pesquisadores brasileiros se repetem também em outros países. Pandey, Bhattacharya e Rai (1993) analisaram 884 estudantes indianos com idades entre 13 e 19 anos de idade, e concluíram que *“uma grande porcentagem (76.9%, 59.2%, 57.9% e 47.8% para as séries nona, décima, décima primeira e décima segunda) de estudantes estavam operando no nível formal”*(tradução nossa) (p. 428). No trabalho de Lis e Magro (1993) com 230 adolescentes italianos, os pesquisadores concluíram que *“parte da nossa amostra não está operando no nível mais alto do pensamento formal”* (tradução nossa) (p. 750).

A partir desses trabalhos, decidi fazer uma investigação sobre o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos do curso em Tecnologias de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Porto Alegre. Utilizando as provas de François Longeot² (Apêndices A, B e C), as mesmas utilizadas pelos pesquisadores anteriormente citados, verifiquei que, dos 31 alunos de 1º semestre da turma de 2016, com idades entre 20 e 57 anos, cinco sujeitos (16,13%) operavam no nível concreto. Esse resultado me levou a questionar: como querer que os jovens sejam sujeitos inovadores, se eles ainda nem conseguiram atingir o estágio de desenvolvimento cognitivo que proporcione isso? O que pode ser feito para alavancar a passagem para o operatório formal? Como aproveitar os recursos disponíveis dentro do IFRS-POA para dar suporte a este processo? Dessas questões, nasceu a proposta de

² As provas operatórias de François Longeot foram desenvolvidas com base nas provas de Piaget e visam situar os sujeitos dentro de uma Escala do Pensamento Lógico como operatório concreto ou operatório formal.

pesquisar o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos envolvidos em projetos elaborados dentro de espaços *maker*³.

Seymour Papert observou que o desenvolvimento dos mecanismos cognitivos é privilegiado em situações em que o sujeito esteja conscientemente envolvido na construção de alguma coisa utilizando, para tanto, “objetos para pensar com”, tais como os computadores. Com a evolução tecnológica as alternativas de “objetos para pensar com” se expandiram e passaram a contar com kits de robótica, kits de automação (compostos por sensores, atuadores e controladores, como os Arduínos) e ferramentas de prototipação e fabricação digital, tais como fresadora, cortadora laser, plotter de recorte e impressora 3D. Todos esses equipamentos são controlados por comando numérico (CNC - *Computerized Numeric Control Machines*), ou seja, são operados a partir de arquivos de computador. Inicialmente esses equipamentos eram encontrados apenas em laboratórios de engenharia, hoje configuram-se como ferramentas para a educação das áreas de Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática (STEM – *Science, Technology, Engineering, Mathematic*) e estão se tornando mais acessíveis graças a criação de laboratórios de criatividade, prototipação e inovação conhecidos como *makerspaces*.

Esses laboratórios estão se popularizando graças ao projeto FabLab, desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sob a coordenação do Prof. Neil Gershenfeld. Alguns pesquisadores, como por exemplo Paulo Blinkstein, Yasmim Kaffai, Breanne Litts, Kylie Pepler vislumbraram a possibilidade de uso dos *makerspaces* e FabLabs como espaços de aprendizagem e, nesse contexto, passaram a ser chamados de *Makerspaces* Educacionais.

Na última década, as pesquisas sobre *makerspaces* educacionais tem se dedicado a entender:

- como e o que as crianças aprendem nesses espaços;
- como melhorar a capacidade dos estudantes de lidar com o erro e o fracasso;
- como usar os *makerspaces* para a educação de empreendedores;
- que tipos de atividades podem ser propostas de modo a incentivar a colaboração, a quebra de barreiras (como as de gênero) e a criatividade.

³ Espaços *maker* são espaços de criatividade, prototipação e inovação equipados com os mais diversos tipos de ferramentas.

O caráter inédito dessa pesquisa consiste na análise sobre o uso e desenvolvimento do pensamento formal na realização de projetos de fabricação digital e na proposição de uma Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em Makerspaces Educacionais.

1.2 HIPÓTESE E QUESTÕES DE PESQUISA

A partir da motivação acima exposta e considerando minha experiência no FabLab do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, surgiu a seguinte questão: como as atividades de fabricação digital podem apoiar o desenvolvimento do pensamento formal?

Minha hipótese é que atividades de fabricação digital são capazes de levar o sujeito a operar sobre abstrações, de desenvolver raciocínios hipotético-dedutivos e de realizar as operações mentais complexas, características do nível operatório formal. Para avaliar esta hipótese foi necessário obter respostas às seguintes questões:

1. Quando o pensamento formal é aplicado durante as atividades de fabricação digital? Através dessa questão, busquei identificar as situações, dentro do processo de fabricação digital, que demandavam a utilização do pensamento formal.
2. As atividades de fabricação digital podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento formal? Considerando as situações identificadas, procurei verificar se as atividades de fabricação digital poderiam promover a construção de esquemas próprios do nível operatório formal.
3. Qual seria uma abordagem pedagógica adequada para o uso do pensamento formal a partir do desenvolvimento de projetos de fabricação digital? A partir da reflexão sobre a prática pedagógica adotada durante os experimentos, apoiada pela pesquisa bibliográfica sobre o tema, procurei identificar uma abordagem pedagógica que incentivasse o uso do pensamento formal e fomentasse o seu desenvolvimento.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

A investigação dessas questões foi conduzida a partir de um recorte do trabalho de Jean Piaget, especificamente a teoria dos estágios operatórios, e cujos elementos e princípios encontram-se sintetizados no capítulo seguinte deste

documento. No capítulo 3, tratarei sobre o movimento *maker*, seus conceitos, atores, espaços e ferramentas digitais utilizadas. Como exemplo de espaço *maker*, descreverei o POALab do IFRS, câmpus Porto Alegre, dentro do qual se desenvolveu este trabalho de pesquisa. Os *makerspaces* educacionais serão abordados no capítulo seguinte e, como exemplo de iniciativa na área de educação, apresentarei a rede FabLearn. Além disso, farei a exposição dos fundamentos pedagógicos e de um estudo sobre as práticas pedagógicas encontradas na bibliografia.

No capítulo 5 detalharei a metodologia de pesquisa utilizada, a qual tinha, como base, a observação dos sujeitos envolvidos em atividades de fabricação digital. A coleta dos dados foi realizada a partir dessas observações e dos registros em portfólios de projeto de cada participante. Entretanto, como poderá ser observado nessa seção, ao longo dos três semestres em que ocorreram as atividades no POALab, as ferramentas, a forma de conduzir as atividades e de coletar os dados foram sendo modificados. Isso, com certeza, foi decorrente de várias abstrações reflexionantes e sucessivas tomadas de consciência que me conduziram em uma crescente compreensão sobre o método científico.

Nos capítulos 6, 7 e 8 apresentarei um relato das oficinas desenvolvidas no POALab, através das quais os dados foram coletados. As oficinas tinham objetivos diferentes, conforme a questão de pesquisa para a qual eu buscava respostas. Isso me levou a realizar análises de dados separadas para cada oficina. Destaco, no capítulo 8, a análise dos dados obtidos com base nas atividade de fabricação digital de um barquinho a vela. Essa análise foi realizada através dos estudos de caso dos participantes que foram identificados como operatório concreto nos provas operatórias. Esses dados, junto com os demais obtidos a partir das outras atividades de fabricação desenvolvidas, foram usados para responder as questões de pesquisa, as quais são apresentadas no capítulo 9 desse documento. Conclusões e encaminhamentos para pesquisas futuras poderão ser encontrados no capítulo 10. Referências e Apêndices estarão disponíveis no final do documento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O foco da pesquisa de Jean Piaget era a gênese do conhecimento científico. Segundo Montangero e Maurice-Naville (1998) a questão norteadora da pesquisa de Piaget era "*Como pode o pensamento tornar-se cada vez mais coerente e dar explicações cada vez mais adequadas ao real?*" (p.21) Assim, Piaget se dedicou a Epistemologia Genética, a qual define

[...] de uma maneira mais ampla e geral, como o estudo dos mecanismos do aumento dos conhecimentos. Seu caráter próprio seria, então analisar – em todos os planos que interessem à gênese ou a elaboração dos conhecimentos científicos – a passagem dos estados de conhecimento mínimo aos de conhecimento mais avançado.(PIAGET, 1974, p. 20)

Um dos planos escolhido por Piaget foi o estudo do funcionamento intelectual. Para ele a definição de inteligência e de suas características principais deveria começar pela busca dos processos fundamentais dos quais a inteligência deriva e que, em essência, permanecem semelhantes ao longo de todos os estágios de desenvolvimento.

2.1 ELEMENTOS DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

Piaget determinou como atributos, considerados invariantes durante o desenvolvimento, a organização e a adaptação, e as suas subpropriedades: assimilação e acomodação (FLAVEL, 1975).

“Todo ato inteligente pressupõe algum tipo de estrutura intelectual, algum tipo de organização dentro da qual ocorre” (FLAVEL, 1975 p. 46). De fato, se, por exemplo, considerarmos a resolução de um problema, que é um ato de criatividade e, conseqüentemente, um ato de inteligência, haverá a necessidade de uma organização do pensamento e de articulação de diferentes esquemas cognitivos.

Os esquemas são o ponto de partida para as interações entre o sujeito e o meio, não podendo ser observados, apenas inferidos. Esses *“se referem a uma classe de seqüência de ações semelhantes”* e *“são rotulados de acordo com as seqüências de ação a que se referem”* (FLAVEL, 1975 p. 52) Para uma seqüência de ações se tornar um esquema *“deve ter uma certa coesão, e precisa manter sua identidade como uma unidade quase estável e passível de repetição. As ações que a compõem devem ser estreitamente interligadas e governadas por um significado central”* (FLAVEL, 1975, p. 53)

Piaget distingue três tipos de esquemas, os quais são conceituados e exemplificados por Fini (2010) como segue:

- os presentativos: servem essencialmente para compreender o real. Possibilitam a apreensão das características e propriedades permanentes e simultâneas de objetos comparáveis, e vão gradativamente propiciando a construção dos conceitos. Exemplos: observar, identificar, reconhecer, indicar, localizar, descrever, discriminar, representar graficamente e representar quantidades.
- os de procedimento: ações mentais mais coordenadas que pressupõem o estabelecimento de relações entre os objetos. São competências que, em geral, permitem atingir o nível da compreensão e a explicação, mais que o saber fazer, pois supõem alguma tomada de consciência dos instrumentos e procedimentos utilizados, possibilitando sua aplicação a outros contextos. Exemplos: classificar, seriar, ordenar, conservar, compor e decompor, fazer antecipações, calcular por estimativa, medir e interpretar
- os operatórios: são ações e operações mentais mais complexas, reflexivas e abstratas que envolvem a utilização de raciocínio hipotético dedutivo. A coordenação entre essas ações e operações é responsável pelo planejamento e escolha de estratégias para resolver problemas em situações pouco familiares e mais originais. Exemplos: avaliar, criticar, analisar e julgar, explicar causas e efeitos, apresentar conclusões, levantar suposições, fazer prognósticos, fazer generalizações indutivas e construtivas, e justificar.

Através dos esquemas, o sujeito abstrai, realiza procedimentos ou operações sobre os objetos, modificando as suas estruturas cognitivas. Essas, por sua vez, são ligações permanentes do sistema cognitivo, que formam o conjunto dos possíveis de partida e, a partir dos quais, se desenrolam condutas temporizadas visando a fins particulares e variáveis: os procedimentos (INHELDER; CELLÉRIER, 1996).

Os procedimentos são, então, ações do sujeito sobre o objeto. E toda ação tem uma reação, a qual, na teoria de Piaget, provoca uma desequilíbrio do sistema cognitivo do sujeito.

É pois evidente que a fonte real do progresso deve ser procurada na reequilíbrio, naturalmente, no sentido não de um retorno à forma anterior de equilíbrio, cuja insuficiência é responsável pelo conflito ao qual esta equilíbrio provisória chegou, mas de um melhoramento desta forma precedente (PIAGET, 1977, p. 24 - 25)

A reequilíbrio é atingida através de um processo auto-regulatório composto por assimilações e acomodações. A assimilação envolve a interpretação de eventos em termos de estruturas cognitivas existentes, enquanto que a acomodação se refere à mudança da estrutura cognitiva para compreender o meio. A assimilação permite, por exemplo, a identificação de propriedades de objetos a fim organizá-los em classes. O processo de acomodação, é o responsável pela incorporação destas classes aos esquemas conceituais do sujeito.

Entretanto, o equilíbrio nunca será definitivo, pois o sujeito é constantemente confrontado com contradições, as quais são entendidas por Piaget, como ausência de equilíbrio entre afirmações e negações. Ou seja, em uma situação experimental, como a de movimento de um carro, espera-se que, ao pisar no acelerador, a velocidade do carro aumente. Essa é uma afirmação, mas se o que se observa é diferente do esperado, então há uma negação. Essa comparação é parte de um processo de diferenciação, o qual faz uso de abstrações para, por exemplo, determinar as propriedades que existem em uns objetos e não em outros, permitindo, assim, o seu agrupamento em classes.

Abstrair é retirar informações dos observáveis, ou das ações sobre os observáveis ou ainda, das conclusões sobre essas ações. Segundo Becker (2012) o sujeito só retira por abstração *“aquilo que ele pode retirar, isto é, aquilo que seus esquemas de assimilação atuais possibilitam que ele retire”* (p. 97), ou seja, se o sujeito se deparar com um objeto totalmente desconhecido, uma ferramenta, por exemplo, ele só conseguirá obter informações a partir do uso de esquemas que já possui. Assim ele será capaz de dizer que a ferramenta tem peso, cor, que lembra um outro tipo de ferramenta, mas não será capaz de determinar a sua função.

Piaget (1995) dividiu as abstrações em empíricas e reflexionantes:

A abstração empírica tira suas informações dos objetos como tais, ou das ações do sujeito sobre suas características materiais; de modo geral, pois, dos observáveis, ao passo que a abstração reflexionante apoia-se sobre as coordenações das ações do sujeito. (p. 274)

Através de abstração empírica a criança, ao brincar com blocos de madeira, obtém, através do uso de seus esquemas sensório-motores, informações como cor, peso e tamanho. Ao comparar os blocos dois a dois, a criança estabelece uma relação entre os objetos, a qual será usada para determinar que um bloco é maior ou menor que outro. Nesse caso a criança está realizando uma abstração reflexionante do tipo pseudo-empírica. Segundo Picetti (2008) a abstração pseudo-empírica

ocorre quando o sujeito somente consegue realizar construções apoiando-se sobre os resultados constatáveis. A leitura dos resultados é feita a partir de objetos materiais, mas as propriedades constatadas são introduzidas nos objetos por atividades do sujeito. (p. 70)

Já a abstração reflexionante, propriamente dita, ocorre quando a criança, por saber que um bloco é maior ou menor do que outro, consegue ordená-los do menor ao maior. O processo de abstração reflexionante é composto por reflexões e

reflexionamentos, os quais, segundo Becker (2014), podem ser interpretados, correspondentemente, como acomodação e assimilação.

Os reflexionamentos consistem em projetar para um patamar superior o que foi obtido a partir de um patamar inferior. Como bem exemplifica Becker(2014), é através do reflexionamento que se passa *“da ação à representação; das operações aritméticas à álgebra, das geometrias ao cálculo diferencial e integral ... da língua falada à língua escrita, etc., etc.”* (p.109). Já a reflexão consiste em um *“ato mental de reconstrução e reorganização sobre o patamar superior daquilo que foi assim transferido do inferior”* (PIAGET, 1995, p. 274-275).

Quando há uma tomada de consciência do processo de reflexão, em que o sujeito encontra *“as razões da conexão, até então, simplesmente constatadas”* (PIAGET, 1995, p. 275) ocorre um outro tipo de abstração reflexionante: a abstração refletida. Essa, ao contrário das demais, que ocorrem também nos estágios sensório-motor e pré-operatório, *“mostra visível progresso na passagem para o operatório formal”* (PICETTI, 2008, p.71)

2.2 ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO

A partir dos estudos sobre os esquemas cognitivos, Piaget verificou que crianças, em faixas etárias similares, usavam os mesmos esquemas cognitivos para resolver os problemas que lhes eram apresentados. Nas crianças de até 2 anos de idade os esquemas puderam ser reconhecidos a partir de padrões de ações físicas da criança e por isso Piaget chamou esse estágio de sensório-motor.

Nos períodos posteriores, quando o comportamento inteligente passa a ser internalizado e simbólico, o termo esquema, para Piaget, passa a ter a conotação de estratégia, plano de ação, operação. *“Uma operação é com efeito, uma ação efetiva ou interiorizada, tornado reversível e coordenada a outras operações, numa estrutura de conjunto que comporta leis de totalidade”* (PIAGET, 1999 p. 111). A partir, então, do momento em que a criança torna-se capaz de reverter mentalmente uma ação, ela passa a ser considerada operatória. Crianças entre 7 e 11 anos de idade, por operarem sobre objetos foram relacionadas ao estágio operatório concreto e, dos 12 anos em diante, por operarem sobre proposições lógicas, desenvolvendo raciocínios hipotético-dedutivos, foram relacionadas ao estágio operatório formal.

2.2.1 Sensório-Motor e Pré-Operatório

Também identificado na obra de Piaget como o estágio I, o estágio Sensório-Motor é caracterizado pelos *“movimentos espontâneos e pelo reflexo aos hábitos adquiridos”* (PIAGET; INHELDER, 1978 p. 12). Subdivide-se em seis, a saber (FLAVELL, 1975):

I – a criança interage muito pouco com o mundo, somente na medida em que seus reflexos lhe permitem.

II – as atividades reflexas passam por modificações isoladas em função da experiência e começam a se coordenar, dando origem aos hábitos.

III – a criança começa a interagir com objetos externos ao corpo, demonstrando um *“princípio de diferenciação entre a finalidade e o meio”* (p. 88).

IV – a criança apresenta claramente a intencionalidade, *“quando o objetivo é estabelecido desde o início, e os meios são postos em ação exatamente com a finalidade de atingir o objetivo”* (p. 109)

VI – é a fase da experimentação ativa, em que a criança realiza experimentos através dos quais *“tem a possibilidade de descobrir novos “esquemas-meios” para utilizar nas sequências de ação que se dirigem para um objetivo”* (p. 113)

VII – a criança passa a inventar *“novos meios através de coordenações internas, mentais”* (p. 118).

Essa capacidade de inventar, descrita por Piaget e Inhelder (1978) como a capacidade de *“encontrar meios novos, não mais por simples tateios exteriores ou materiais, senão por combinações interiorizadas que redundam numa compreensão súbita ou insight”* (p. 17) é o ponto de transição para um estágio intermediário, antes dos operatórios: o estágio pré-operatório.

Esse estágio é caracterizado pelo surgimento da função simbólica, a qual concede a criança a capacidade de representação. É a época dos desenhos, dos jogos, das brincadeiras de faz de conta e das imitações. É, também, a época dos *“porquês”*, os quais, segundo Correa e Rosineiri (2015), são uma procura para a *“razão de ser das coisas”* (p. 292)

O surgimento da linguagem, que na teoria de Piaget depende do desenvolvimento da inteligência, acelera o desenvolvimento do pensamento. A necessidade de organizar as representações em um todo coerente, dá início ao surgimento das operações.

2.2.2 Operatório Concreto

Também identificado na obra de Piaget como o estágio II, o estágio operatório concreto dá início a um processo em que a criança supera o egocentrismo e abre-se, progressivamente, para um mundo de várias perspectivas. O raciocínio da criança adquire características de mobilidade quando

as seguintes transformações se produzem simultaneamente: duas ações sucessivas podem coordenar-se em uma única (composição transitiva); o esquema de ação ... torna-se reversível (reversibilidade); um mesmo ponto pode ser atingido por duas vias diferentes (associatividade); o retorno ao ponto de partida permite encontrar a este idêntico a si mesmo (identidade). (GOUVEIA, 2011, p. 133)

Assim, a principal característica do estágio operatório-concreto é o surgimento das operações, sendo a reversibilidade (por inversão ou reciprocidade) a primeira delas. Além dessa, os sujeitos desse estágio de desenvolvimento também são capazes de realizar as operações de:

- Classificação: corresponde ao agrupamento de objetos conforme a semelhança de suas propriedades. Por exemplo: é possível agrupar os objetos geométricos considerando a quantidade de lados ou o formato.
- Seriação: consiste na ordenação de elementos considerando a ordem linear de grandeza desses elementos. Por exemplo: seriação de objetos numa ordem do maior para o menor, do menor para o maior, do mais grosso para o mais fino, do mais fino para o mais grosso, do mais pesado para o mais leve e vice-versa, etc.
- Enumeração: na ausência de atributos que permitam ordenar os elementos, eles são seriados em função de suas posições no espaço ou tempo. Por exemplo, seriação em função da ordem com que os objetos foram adicionados a uma coleção.
- Operações espaciais: ocorrem com base em proximidades e distanciamentos. Por exemplo operações envolvendo medidas, pontos de vista, perspectivas e coordenadas (em duas ou três dimensões).
- Operações sobre estruturas aditivas ou multiplicativas como, por exemplo, as matrizes, que *“comportam classificações segundo dois critérios ao mesmo tempo, correspondências seriais ou seriações duplas”* (PIAGET, 1973 p. 43)
- Operações envolvendo tempo e velocidade: o sujeito consegue estabelecer relação entre as durações e as distâncias percorridas. Em

relação a noção de tempo, o sujeito consegue realizar: “1) *uma seriação dos acontecimentos constitutiva da ordem de sucessão temporal*; 2) *um encaixe dos intervalos entre os acontecimentos pontuais, fonte da duração*; 3) *uma métrica temporal isomorfa a métrica espacial*” (PIAGET, 1978, p. 92)

Todas essas operações são reversíveis, ou seja, podem ser desfeitas ou aplicadas em sentido contrário como, por exemplo, seriação na ordem inversa. Neste estágio, desenvolve-se também a capacidade de realizar antecipações e retroações, e são dados os primeiros passos na elaboração de hipóteses.

2.2.3 Operatório Formal

Também identificado na obra de Piaget como o estágio III, a principal característica desse estágio é o fato de que o sujeito adquire a capacidade de separar o conteúdo da forma e, através da abstração, retirar da realidade as informações necessárias para determinar possibilidades (hipóteses) e deduzir delas as suas consequências. Assim, diz-se que o pensamento formal é essencialmente hipotético-dedutivo e apoia-se nas operações proposicionais e combinatórias.

A partir do momento em que o sujeito domina as relações de causa e efeito, compreendendo que uma causa implica certo efeito, ele torna-se capaz de realizar deduções e estabelecer hipóteses. Para tanto, ele realiza operações proposicionais que visam verificar a validade ou não das hipóteses elaboradas. Entretanto, a relação causa e efeito nem sempre é unívoca; um resultado pode ter diferentes causas, obtidas pela combinação de fatores ou ocasionada por eventos casuais. Disso surgem os esquemas que darão ao sujeito condições de realizar operações combinatórias.

Por exemplo, um sujeito (A) observando outro (B) cujos olhos são azuis, estabelece hipóteses sobre a cor dos olhos de pais e avós de B. A cogita a possibilidade de que os pais de B tenham ambos olhos azuis ou que um dos pais de B tem olhos azuis e que pelo menos um dos avós também ou, ainda, que ambos os pais de B tenham olhos castanhos, mas pelo menos um dos avós maternos e um dos avós paternos tenha olhos azuis. Observa-se que a hipótese para a cor dos olhos se desdobra em uma série de possibilidades construídas a partir da combinação da cor dos olhos de pais e avós.

Além das operações combinatórias, os sujeitos formais são capazes de realizar operações sobre operações, também chamadas de operações de segunda ordem, tais como:

- Probabilidade: quando o sujeito, ao observar a frequência relativa de eventos do mesmo tipo numa série de eventos semelhantes, consegue estabelecer a relação do tipo X vezes em N, ele torna-se capaz de determinar um grau de segurança em relação ao resultado de um evento. Disso surgem os esquemas que darão ao sujeito condições de realizar operações de probabilidade.
- Correlação: está relacionada com a capacidade do sujeito de estabelecer interdependência de duas ou mais variáveis. *“Procede simultaneamente da probabilidade e de uma estrutura próxima da de proporções”*. (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 242), pois envolve identificar os casos possíveis (por combinatória) e os casos favoráveis.
- Compensação e proporcionalidade: a capacidade do sujeito operar sobre proporcionalidades está relacionada com a capacidade do mesmo de operar sobre frações, as quais, por sua vez, dependem da compreensão das relações parte-todo. Além disso, todas as formas de proporcionalidade envolvem a noção de compensação. Por exemplo, quando dizemos que alguma coisa(A) tem metade do tamanho de outra(B) estabelecemos uma proporcionalidade entre os dois objetos (o objeto B tem duas vezes o tamanho do objeto A) e uma forma de corrigir isso, através da compensação (retirando de B ou acrescentando em A).
- Coordenação de dois sistemas de referência, relatividade dos movimentos e das velocidades, e coordenação de equilíbrio mecânico: essas operações, relacionadas com a noção física de equilíbrio ou de ação e reação, são baseadas em *“dois grandes modos de reversibilidade que são a inversão (ou negação) e a reciprocidade (ou simetria)”* (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 79-80).

Segundo Becker (1993) *“as operações combinatórias, proporções, relatividade dos movimentos e das velocidades, noção de equilíbrio mecânico, noção de probabilidade, compensações multiplicativas, formas operatórias de conservação, são todas redutíveis, a seu modo, ao grupo INRC”* (p. 132).

A combinação de proposições lógicas dá origem ao grupo INRC que, sintetiza todas as operações mentais possíveis de serem realizadas pelos sujeitos no seu último estágio de desenvolvimento cognitivo: identidade, negação, reciprocidade e correlação. Através do Quadro 1, apresentamos de forma esquemática as quatro operações do grupo INRC. Cabe esclarecer que letras minúsculas, tais como p e q, são usadas para representar as proposições; p' e q', são usadas para representar as proposições negadas; e os símbolos \circ e \vee representam os conectivos lógicos E e OU, respectivamente.

Quadro 1 - As transformações do grupo INRC

Transformações sobre as disjunções	Transformações sobre as conjunções	Síntese (Lima Filho e Rebouças, 1988)
$I (p \vee q) = p \vee q$	$I (p \circ q) = p \circ q$	$I (v, \circ, p, q, p', q') = (v, \circ, p, q, p', q')$
$N (p \vee q) = p' \circ q'$	$N (p \circ q) = p' \vee q'$	$N (v, \circ, p, q, p', q') = (\circ, v, p', q', p, q)$
$R (p \vee q) = p' \vee q'$	$R (p \circ q) = p' \circ q'$	$R (v, \circ, p, q, p', q') = (\circ, v, p', q', p, q)$
$C (p \vee q) = p \circ q$	$C (p \circ q) = p \vee q$	$C (v, \circ, p, q, p', q') = (\circ, v, p, q, p', q')$

As quatro operações do grupo INRC podem ser combinadas. Por exemplo, observando o Quadro 2, vemos que se aplicarmos a negação sobre a correlação o resultado será a operação de reciprocidade.

Quadro 2 - Combinações possíveis entre as operações do grupo INRC

	I	N	R	C
I	I	N	R	C
N	N	I	C	R
R	R	C	I	N
C	C	R	N	I

Essas operações foram observadas por Piaget durante o experimento sobre O Equilíbrio da Balança (INHELDER; PIAGET, 1976). Nesse experimento Piaget constatou que os sujeitos com nível operatório mais desenvolvido conseguiam elaborar uma combinação das seguintes proposições:

p_1 = aumento de peso

q_1 = aumento da distância

q_1' = diminuição de peso

q_1' = diminuição da distância

Por isomorfismo, são elaboradas as seguintes proposições relativas ao outro braço da balança:

p_2 = aumento de peso

q_2 = aumento da distância

p_2' = diminuição de peso

q_2' = diminuição da distância

A partir disso, e com o objetivo de representar as condições para a estabilidade da balança, as seguintes relações são definidas (INHELDER; PIAGET, 1976 p. 135):

- Identidade: $I (p \circ q) =$ aumentar ao mesmo tempo o peso e a distância num dos braços
- Inversão: $N (p' \vee q') = (p \circ q') \vee (p' \circ q) \vee (p' \circ q') =$ diminuir a distância, aumentando o peso, ou diminuir o peso aumentando a distância, ou diminuir os dois
- Reciprocidade: $R (p_2 \circ q_2) =$ compensar I , aumentando ao mesmo tempo o peso e a distância no outro braço da balança
- Correlação: $C (p_2' \vee q_2') = (p_2 \circ q_2') \vee (p_2' \circ q_2) \vee (p_2' \circ q_2') =$ anular R da mesma maneira que N anula I .

De outro modo, poderíamos dizer que, com base nas seguintes proposições:

- p = peso em um dos braços da balança
- d = distância do peso situado em um dos braços até o centro da balança.
- p_2 = peso no braço oposto da balança - oposto a p .
- d_2 = distância do peso(p_2) até o centro da balança

As operações do grupo INRC, nos forneceriam o seguinte entendimento sobre o problema do equilíbrio da balança.

- Identidade: garante que se o experimento for feito com o mesmo peso (p) e a mesma distância (d) o resultado será sempre o mesmo.

- Negação: é a inversa da identidade e por isso garante que se (p) e (d) forem modificados, ou ainda só (p) ou (d) forem modificados o resultado observado será diferente.
- Reciprocidade: se (p2) for igual a (p) e (d2) igual a (d) a balança permanecerá em equilíbrio.
- Correlação: : é a inversa da reciprocidade e por isso garante que se (p2) ou (d2) ou ambos forem diferentes de (p) e (d) a balança apresentará desequilíbrio.

3 O MOVIMENTO MAKER

O movimento *Maker* é o produto da combinação entre a cultura DIY (*Do It Yourself*) e o movimento *Hacker* (*Figura 1*). O DIY surgiu a partir do movimento *Punk*, que visava o empoderamento dos setores marginalizados da sociedade. Dentre os princípios que regiam esta forma de cultura destacava-se o fato de ser possível, a qualquer pessoa, desenvolver atividades reservadas, em princípio, aos meios de produção capitalista, tais como a fabricação de bens, a música, a literatura, a moda e a arte. (HOLTZMAN; HUGHES; METER, 2007).

O movimento *Hacker*, por sua vez, tem origem nos clubes de computação, o mesmo tipo de lugar onde Steve Jobs e Steven Wozniak apresentaram pela primeira vez o Apple I. O lema hacker é “*if you can’t open it, you don’t own it*” ou seja, se você não pode abrir, desmontar e conhecer seus objetos, então você não os possui. De fato, o movimento Hacker visa “*o compartilhamento e apreensão de tecnologias, cujo intuito não é apenas de compreender seu funcionamento, mas também aprender e transformar a tecnologia em benefício próprio ou coletivo*” (COLEMAN, 2013)

Com o apoio cada vez mais forte da comunidade de software livre e do surgimento das plataformas de hardware abertos, como os Arduínos, o movimento Hacker tem conseguido superar o estigma de “piratas de computadores” (título do filme de 1995, dirigido por Iain Softley).

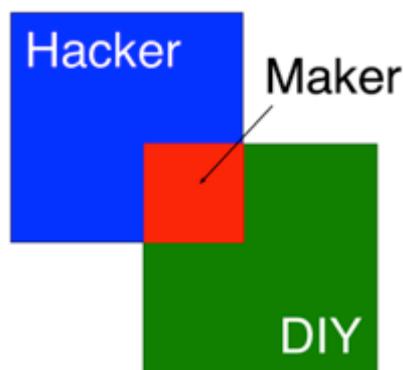


Figura 1 - A cultura maker como resultado da união entre a cultura Hacker e o movimento Do It Yourself

Nesse contexto, o movimento *Maker* tem como princípio que qualquer pessoa pode criar, prototipar, produzir, vender e distribuir qualquer produto. Conforme Dougherty (2016), o movimento *Maker*

sinaliza para uma transformação social, cultural e tecnológica que nos convida a participar como produtores e não apenas consumidores. Ele está mudando a forma como podemos aprender, trabalhar e inovar. É aberto e colaborativo, criativo e inventivo, mão-na-massa e divertido. Nós não temos que nos conformar com a realidade ou aceitar o status quo - podemos imaginar um futuro melhor e perceber que somos livres para fazê-lo. (tradução nossa)

3.1 ATORES, FERRAMENTAS E ESPAÇOS

A tradução para a palavra *maker* é fazedor e ela nos remete a ideia de que ser um *maker* é ser uma pessoa capaz de criar ou consertar coisas. De imediato lembramos da figura do ilustre personagem de Walt Disney, criado em 1952 por Carl Barks: o Professor Pardal (Figura 2).



Figura 2 - Professor Pardal, criado em 1952 por Carl Barks

Desde o início dos tempos o homem cria e inova como forma de resolver problemas e de satisfazer suas necessidades. Dougherty (2016) ao fazer uma análise histórica sobre a importância do homem como ser capaz de criar e de, a partir disso, mudar a sua realidade, afirma: “o termo *Homo Faber* nos faz lembrar que os humanos transformam materiais em ferramentas e transformam o mundo usando estas ferramentas. Isso faz de nós o que somos: *makers*”. (tradução nossa)

Foi com os avanços dos meios de comunicação que a figura do *maker* se popularizou. Em 1902, H.H. Windsor lançou a revista *Popular Mechanics* dedicada a popularizar a ciência, a tecnologia e o “faça você mesmo”. A Figura 3 mostra, da

esquerda para a direita, a 1ª edição americana, a edição brasileira de 1962 e a edição americana de 2016.



Figura 3 - Capas da revista Popular Mechanics

Se antes os projetos criados na garagem de casa ficavam restritos aos amigos e vizinhos do inventor, hoje eles podem ser divulgados e compartilhados com o resto do mundo, graças aos inúmeros meios de informação e comunicação disponíveis. A própria revista *Popular Mechanics* se adequou ao formato eletrônico, oferecendo acesso ao seu conteúdo também através da internet ou de dispositivos móveis. Inspirados na *Popular Mechanics*, os editores da O'Reilly Media lançaram em 2005 a revista *Make*: impulsionando o surgimento de diversas comunidades de makers, tais como *Maker Share*, *Instructables* e *MakerEd*. A Figura 4 mostra, da esquerda para a direita, a capa dos números 1, 21 e 7.



Figura 4 - Capas da revista Make

Logo, além de inventar coisas, um *maker* compartilha o conhecimento adquirido com a invenção. O processo de criação não é mais solitário e sim colaborativo, contando, muitas vezes, com o apoio de uma comunidade, a qual tem como *habitat* os *makerspaces* (espaços para criação de qualquer tipo de objeto, tecnológico ou não) e os *hackerspaces* (com foco mais voltado para tecnologia). As pessoas frequentam esses espaços de forma voluntária; aderem a comunidades de aprendizagem, oficinas, palestras ou cursos, conforme seus interesses, sem a necessidade de obtenção de créditos ou certificados; e desenvolvem estudos individualizados conforme o ritmo de aprendizagem de cada um (SEFTON-GREEN, 2013 p.17).

Nesses espaços é possível encontrar desde ferramentas de busca de informações, passando por *softwares* para modelagem de objetos ou circuitos eletrônicos, até impressoras 3D, cortadoras laser, placas de processamento de *hardware* aberto, sensores, atuadores, dispositivos móveis, entre outros.

Com base no conceito dos *makerspaces* surgiram os *Fab Labs*. Em 2002, no laboratório interdisciplinar chamado *Center for Bits and Atoms* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), foi criado o conceito de *Fab Labs* como espaços de empoderamento, ou seja, espaços onde as pessoas pudessem "se tornar protagonistas tecnológicos e não apenas espectadores" (tradução nossa) (GERSHENFELD, 2005, p.77). Os *Fab Labs* constituem uma rede mundial de espaços *maker*, organizados através da *FabFoundation*⁴, que comportam, além das atividades de criatividade, prototipação e fabricação, uma comunidade de pesquisa e habilidades.

Os *FabLabs* foram criados para ser uma rede de compartilhamento de conhecimento, formada por pesquisadores, professores, estudantes, técnicos, fabricantes e inovadores. Atualmente estas pessoas fazem uso de laboratórios espalhados por 30 países em quase 300 laboratórios, extrapolando o conceito de *DIY* e atingindo o "*DIWO (do it with others)*" (NEVES; RAGUSA, 2014).

A partir de Neves e Ragusa (2014) e *FabFoundation*, relacionamos a seguir os objetivos de um *FabLab*:

⁴ <http://www.fabfoundation.org/fab-labs/>

- Compartilhar e concretizar projetos: por serem espaços de experimentação, os *FabLabs* permitem idealizar, prototipar e testar projetos, sejam eles pessoais ou de grupos.
- Oferecer espaço para aprendizagem e formação: nos *FabLabs* funcionam pelo princípio "mão na massa" (*hands-on*), oferecendo oportunidades de aprendizado através da prática e da experimentação. Não se espera que o usuário de um *FabLab* tenha formação em engenharia para poder utilizar o espaço, mas sim que, ao final do seu projeto, ele tenha aprendido várias coisas sobre engenharia, design, computação, entre outros. Além disso, o *FabCharter*⁵ determina que projetos e processos desenvolvidos em um *FabLab* devem permanecer disponível para uso e aprendizagem pelos outros.
- Servir como espaço de inovação e empreendedorismo: produtos e processos desenvolvidos dentro de um *FabLab* podem ser patenteados e vendidos. Os projetos "*devem evoluir para além do FabLab, em vez permanecerem dentro do laboratório e espera-se que beneficiem os inventores, labs e redes que contribuem para o seu sucesso*" (*FabCharter*)
- Fabricar "quase qualquer coisa": devido a quantidade e variedade de ferramentas disponibilizadas pelos *FabLabs*, é possível fabricar uma grande diversidade de coisas. Os recursos disponibilizados nesses espaços seguem um padrão mínimo, determinado pela *FabFoundation*. São eles: cortadora laser, impressora 3D, fresa de precisão, cortadora de vinil, kit de eletrônica, sistema de vídeo conferência e computadores com acesso a internet.

Apesar das máquinas por comando numérico serem o grande atrativo dos *FabLabs*, o espaço é o grande diferencial do projeto. Por ser aberto ao público, o espaço possibilita o encontro de pessoas com os mais diversos tipos de formação e experiência, com interesses diferentes, mas com um objetivo em comum, que é o de criar.

Esta abertura, chave do sucesso e da popularidade dos Fab Labs, facilita os encontros, o acaso e o desenvolvimento de métodos inovadores para o cruzamento de competências. Ainda, por ser aberto e acessível, favorece a

⁵ <http://www.fabfoundation.org/fab-labs/the-fab-charter/>

redução de barreiras à inovação e à constituição de um terreno fértil para a inovação. (NEVES; RAGUSA, 2014, p.20)

3.2 O PROJETO POALAB FAB LAB

O POALab⁶ é um programa de extensão iniciado em maio de 2015 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Porto Alegre. O POALab está conectado à rede mundial de *FabLabs* e tem por objetivo servir como espaço interdisciplinar de aprendizagem, invenção e inovação.

Esse laboratório possui um conjunto de equipamentos controlados por comando numérico (CNC – *Computerized Numeric Control Machines*), ou seja, são operados a partir de arquivos de computador. A disponibilização de equipamentos CNC permite que um usuário do espaço possa, a partir de um programa de desenho vetorial 2D ou de renderização⁷ em 3D, construir objetos sólidos em polímeros (ABS, PLA, acrílico, etc.), metal ou madeira e, se desejar, equipar esse objeto com componentes eletrônicos, criando assim projetos básicos de automação eletrônica. Os equipamentos disponíveis no POALab encontram-se descritos no Apêndice E desse documento.

O desenvolvimento dos projetos criados e executados dentro do POALab pode ser acompanhado através das discussões em uma rede social interna⁸.

“Inicialmente um usuário da rede social propõe um objeto e define seus objetivos. Usuários especialistas contribuem de forma colaborativa na descrição deste objeto que posteriormente é prototipado. Ao final do processo o objeto é publicado.” (PERES ET. AL., 2015, p. 900).

Este recurso permite a interação entre os membros da equipe de um projeto, e da equipe com especialistas e outros usuários do POALab. Além disso, oferece um meio para o registro do processo de criação e serve como forma de documentar o conhecimento desenvolvido dentro do laboratório.

O POALab oferece, além do espaço para fabricação, espaço para a realização de oficinas, tais como as Oficinas de Criatividade, Oficina de Robótica para Adolescentes e a Oficina de Cultura *Maker* para Educadores, e eventos como o Arduino Day, Scratch Day e a Hora do Código.

⁶ <http://www.poalab.net.br/>

⁷ Processo de combinação das diversas imagens que são necessárias para representar um objeto em formato digital

⁸ <https://www.poalab.net.br/social>

4 O MOVIMENTO MAKER E A EDUCAÇÃO

O movimento maker na educação é, segundo Blikstein (2017), uma revolução que esperou cerca de 100 anos para acontecer. Desde os tempos de John Dewey, Maria Montessori, Paulo Freire e Seymour Papert, que se fala em aprendizagem através da experimentação, autonomia, independência e liberdade para as crianças aprenderem e se desenvolverem, cada uma no seu tempo e envolvidas com projetos de seu interesse. O trabalho de Papert deu origem a pedagogia construcionista, que defende a aprendizagem e construção do conhecimento a partir do envolvimento das crianças em atividades de fabricação, utilizando “objetos para pensar com”. Com a evolução tecnológica, esses objetos foram evoluindo e passaram da tartaruguinha programada em LOGO para os modernos kits de robótica (LEGO Mindstorms) e de automação (Arduíno), que podem ser facilmente programados através de ambientes de desenvolvimento baseados em blocos como, por exemplo, o Scratch for Arduíno (S4A).

O Arduíno é fruto do movimento hacker e o seu entusiasmo pela "libertação" do hardware e do software. Os hackers, na luta pelo software livre e pelo hardware aberto, tornaram possível a existência de sistemas operacionais de código aberto, e de diversos outros softwares desenvolvidos sob a mesma filosofia, além de plataformas de hardware cuja arquitetura encontra-se publicada na internet, podendo ser copiada ou modificada, como é o caso do Arduíno. Ao tornar o acesso à tecnologia mais fácil e barato, o movimento hacker contribuiu com o movimento maker educacional, especialmente no que diz respeito a educação nas áreas de Ciências, Tecnologias, Engenharia e Matemática (STEM - *Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Outro fator que contribuiu para o movimento maker educacional foi o fato de que as capacidades desenvolvidas durante o desenvolvimento de projetos de fabricação, tais como a capacidade de resolver problemas de forma criativa, de enfrentar as dificuldades e persistir, de trabalhar de forma colaborativa, de auto-organização, entre outros, passaram a ser consideradas as competências para o século XXI. A demanda por profissionais com essas competências, fez com que diversas escolas passassem a adotar métodos ativos de aprendizagem, entre eles os métodos de Montessori e de Papert e, conseqüentemente, as tecnologias associadas a cada um.

Nas primeiras iniciativas de ensino de STEM, as atividades eram focadas no desenvolvimento de experimentos e projetos em espaços convencionais de aprendizagem como as salas de aulas e os laboratórios de ciências. Iniciativas como os clubes de ciências, de robótica ou de computação começaram a levar o desenvolvimento de projetos para fora da sala de aula, mas eram considerados redutos *nerd*⁹ e, por isso, espantavam pessoas com perfis diferentes. De modo a abranger um público maior, algumas escolas transformaram os clubes de ciências em *makerspaces* e passaram a desenvolver atividades de aprendizagem que traziam consigo, também, aspectos ligados à arte e ao design (STEAM - *Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*).

Os *makerspaces* educacionais, são definidos por Litts (2015) como

locais de rica experimentação e inovação, onde os alunos constroem artefatos que fornecem evidências do conteúdo e do processo da aprendizagem, e da sua própria identidade. Através do fazer, os alunos constroem relacionamentos com o conhecimento, com a comunidades e até mesmo eles mesmos; as relações construídas são trabalhadas através de um processo de fabricação iterativo que resulta na criação de artefatos físicos. Nos *makerspaces*, os makers inovam criando novas mídias, tecnologias e tipos de alfabetização, que constantemente expandem as maneiras pelas quais o aprendizado é representado e demonstrado. (tradução nossa) (p. 49-50)

Nos *makerspaces* educacionais as oportunidades de aprendizagem são baseadas em:

- Liberdade e autonomia: em um *makerspace* os sujeitos têm liberdade para criar, errar, interagir, questionar e divergir; autonomia para fazer escolhas e tomar decisões como, por exemplo, determinar que tipo de atividade quer realizar, como, quando e através de que meios deseja aprender.
- Colaboração/cooperação: possui papel importante na aprendizagem e na superação das complexidades dentro dos *makerspaces*. Na forma de parcerias, ou times de trabalho, as soluções vão sendo construídas através da interação, da troca de informações e da construção de novos conhecimentos a partir das contribuições dos envolvidos, sejam eles da mesma área ou de áreas de conhecimento diferentes.

⁹ *Nerd*: “diz-se da pessoa muito inteligente que prefere estar estudando ou se dedicando a alguma atividade intelectual de seu interesse. Designação atribuída aos antissociais, às pessoas que se dedicam ao estudo ou ao trabalho de maneira exclusiva; cujo interesse pessoal está restrito aos assuntos científicos; antissocial.” (DICIO, 2018)

- Aprendizagem inserida no contexto da cultura digital: em um makerspace aprende-se utilizando ferramentas digitais (máquinas operadas por computadores e softwares de modelagem), produzindo conteúdo em formato digital (portfólios digitais, vídeos, blogs, etc), interagindo em rede (através de aplicativos de rede social ou participando de comunidades de prática) e utilizando "*tecnologias intelectuais*" (LEVY, 1993) como simulações, bancos de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais, sensores digitais, sistemas de telepresença, realidade virtual e inteligência artificial.
- Aprendizagem contextualizada e interdisciplinar: espera-se que o frequentador do makerspace se engaje em projetos que visem resolver problemas, os quais, muitas vezes, demandam a utilização e combinação entre diversos saberes que, além daqueles considerados de base, envolvem conhecimentos de engenharia, design, computação e eletrônica.
- Aprendizagem através da experimentação e prototipação: os makerspaces possuem uma variedade de equipamentos que permitem desenvolver protótipos rápidos e de baixo custo para testar soluções ou realizar experimentos. Isso faz com que os frequentadores dos makerspaces possam testar suas ideias (elaborar hipóteses, comprová-las ou negá-las), errar (corrigir e testar novamente quantas vezes forem necessárias) e melhor direcionar a aprendizagem.

No Brasil, a aprendizagem através da experimentação, que caracteriza as propostas pedagógicas dos *makerspaces* educacionais, recebeu o nome de Educação Mão Na Massa.

Uma das coisas mais importantes da educação mão na massa é fazer com que o professor preste mais atenção no processo do que no produto, o que é mudança de paradigma muito grande em relação à educação tradicional, que olha para a prova, que é o produto. (Blikstein apud PORVIR, 2016).

A Educação Mão Na Massa é centrada no aluno, ou seja, o professor atua ajudando a desenvolver no aluno a curiosidade, a motivação, a autonomia e o gosto pelo aprender. A construção do conhecimento se dá a partir da curiosidade e das dúvidas dos sujeitos. O ritmo de aprendizado de cada indivíduo é respeitado, em detrimento ao plano de ensino e a "quantidade de matéria" a ser ensinada. Além disso, a Educação Mão Na Massa tem como objetivo fazer com que o sujeito torne-

se protagonista da sua aprendizagem, passe a encarar o erro como uma "oportunidade de novas descobertas" e desenvolva a capacidade de trabalhar de forma interdisciplinar (PORVIR, 2016).

4.1 FABLEARN

Assim como os FabLabs, os FabLearn¹⁰ constituem uma rede de laboratórios, mas com o foco na educação de crianças com idades entre 6 e 12 anos. O conceito dos FabLearn foi elaborado pelo Prof. Dr. Paulo Blinkstein e seu grupo de pesquisa (*Transformative Learning Technologies Lab - TLTL*) na Universidade de Standford. Porém a iniciativa não ficou restrita à América do Norte e hoje existem laboratórios, situados também na América Central, Ásia, Austrália e Europa.

Todos as atividades desenvolvidas nesses laboratórios são do tipo “mão-na-massa”, desenvolvidas a partir de estudos científicos, integradas ao currículo escolar e com uma abordagem inclusiva, que respeita as diversidades. Essas atividades são compartilhadas através da internet e estão disponíveis através do site FabLearn Fellows¹¹. Os *Fellows* (ou camaradas) são *makers* e profissionais da área de educação, que tem como missão auxiliar professores a levarem à educação mão-na-massa para suas escolas. Assim, eles trabalham junto com os professores para garantir que as atividades sejam:

- Baseadas na prática educativa e na pesquisa: deseja-se que a prática seja amparada por teorias de aprendizagem e pesquisas científicas. Os professores são encorajados a contribuir com as pesquisas através de estudo etnográficos, relatos e avaliação das atividades, validação de teorias e métodos, entre outros. O professor deve, também, ser um pesquisador.
- Acessíveis: as atividades devem ser apropriadas para cada faixa etária, seguras, inclusivas e acessíveis. O uso da tecnologia na educação deve ser um aliado na inclusão, diversidade e igualdade de oportunidades.
- Focadas em outras coisas além das ferramentas: é preciso que a atenção esteja voltada, principalmente, para a pesquisa educacional, desenvolvimento de currículo, desenvolvimento profissional de

¹⁰ <http://www.fablearn.org>

¹¹ <http://fablearn.stanford.edu/fellows>

professores, análise e desenvolvimento de políticas e implementação. O desenvolvimento profissional é a parte mais cara e complexa da educação *maker*, não a compra de equipamentos.

- Compartilhadas com o mundo: sabe-se que os ambientes educacionais são diferentes em cada país, mas existem problemas que são comuns e que geram as mesmas dúvidas ao redor do mundo. Assim, as experiências de aprendizagem bem sucedidas são divulgadas através da internet. Hoje já é possível encontrar no site dos *Fellows* uma biblioteca *open-source* de currículos, recursos e informações.

Os princípios dos FabLearns buscam garantir que a aprendizagem mão-na-massa seja:

- Pessoal: o aluno que desenvolve a atividade deve se sentir motivado para se engajar em projetos de seu interesse, que surgem a partir da dúvida e da curiosidade.
- Interdisciplinar: além das atividades STEM, os projetos de fabricação digital devem ser expandidos também para a área das humanidades.
- Significativa: os projetos desenvolvidos devem ser relevantes. Espera-se que os alunos vejam a importância do seu trabalho para a solução de problemas reais, aumentando, assim, a sua motivação e engajamento.
- Holística: as atividades não devem ser focadas apenas no conteúdo curricular e nos aspectos técnicos, mas desenvolver também criatividade, pensamento crítico, habilidades de comunicação, trabalho em equipe e gerenciamento de projetos.
- Orientada ao processo e ao produto: a avaliação das atividades precisa levar em consideração não só o produto final, mas também o desempenho e o crescimento do aluno durante o processo.
- Desenvolvida por professores: não faz sentido que os projetos sejam propostos por pessoas que estão fora da sala de aula e desconhecem a realidade de cada turma. Assim, a proposta de atividades deve ser elaborada pelo professor a partir da sua convivência com o grupo de alunos.

A educação mão-na-massa defendida por Blikstein e seu grupo encontram suporte na teoria construcionista de Papert e na pedagogia de Paulo Freire.

4.2 FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

O movimento *maker* na educação foi fortemente influenciado pelas ideias de John Dewey e Seymour Papert. Foram eles que começaram a difundir, cada um a seu modo, a ideia de uma aprendizagem através da experimentação, com autonomia, independência e liberdade para as crianças aprenderem e se desenvolverem, cada uma no seu tempo e envolvidas com projetos de seu interesse. Paulo Freire acrescenta a importância de incentivar as crianças a desenvolverem projetos que sejam “profundamente conectados com problemas significativos, seja a nível pessoal ou comunitário. Projetar soluções para esses problemas seria tanto uma experiência de aprendizagem quanto de empoderamento.” (tradução nossa) (BLIKSTEIN, 2013 p.5)

4.2.1 John Dewey

John Dewey defendia uma educação progressista, que tinha como princípios:

o cultivo e a expressão da individualidade se opõem a imposição de cima para baixo; a atividade livre se opõe à disciplina externa; aprender por experiências em oposição à aprendizagem através de textos e professores; a aquisição de habilidades e técnicas como meio para atingir fins que correspondem às necessidades diretas e vitais do aluno em oposição a sua aquisição através de exercícios e treino; aproveitar ao máximo as oportunidades do presente se opõe à preparação para um futuro mais ou menos remoto; o contato com um mundo em constante processo de mudanças em oposição a objetivos e materiais estáticos (DEWEY, 2010, p.22)

Como método ativo de aprendizagem, Dewey defendia o aprendizado através da experiência. Segundo Dewey (2010) "*a característica que distingue a educação baseada na experiência da educação tradicional é o fato de que as condições encontradas na experiência dos alunos devam ser utilizadas como fonte de problemas*". (p.82)

Para Dewey, os problemas apresentados a partir da experiência deveriam ser coerentes com as capacidades dos alunos, além de demandar a busca de informações e novas ideias. "*Novos fatos e novas ideias, assim obtidos, tornam-se a base para novas experiências em que novos problemas se apresentarão. O processo é uma espiral contínua*" (DEWEY, 2010, p.82). Para que essa experiência fosse de fato educativa, ela devia atender alguns requisitos:

- ser coerente com as capacidades dos alunos: uma experiência não pode exigir um conhecimento ou habilidade que os sujeitos ainda não possuem;

- demandar a busca de informações e novas ideias: as experiências devem ser instigadoras, de modo a levar o sujeito a elaborar as suas questões e buscar, ou até mesmo produzir, conhecimento para resolvê-las;
- proporcionar a interação: entre o sujeito e o seu ambiente, entre sujeito e experiência, e entre sujeitos;
- ter direção e desafio: as experiências devem ser orientadas em um crescente, que ofereça novos conhecimentos e desafios, despertando a curiosidade e fortalecendo a iniciativa;
- ser realizada em condições favoráveis: não apenas as circunstâncias ambientais afetam o resultado da experiência, mas também as condições internas dos sujeitos (fome, sono, humor, motivação, entre outros) e as condições de quem orientada a experiência;
- ter continuidade: toda a experiência, se bem conduzida, produz, como um dos seus resultados, o link para próximas experiências, que pode ser uma nova questão ou uma ideia para um projeto futuro;
- preparar para novas experiências: a experiência deve desenvolver habilidades e proporcionar a construção de novos conhecimentos que serão úteis para as experiências futuras.

Dewey (2010) ressaltava também a importância da liberdade. *“A única liberdade de importância permanente é a liberdade de inteligência, ou seja, a liberdade de observação e de julgamento exercida a partir de propósitos intrinsecamente válidos”* (p. 63).

4.2.2 Seymour Papert

Baseado no construtivismo de Piaget, Papert desenvolveu a teoria do Construcionismo. Ambos possuem como objetivo a construção do conhecimento. Porém o Construcionismo *“adiciona a ideia de que isso acontece especialmente num contexto em que o aluno está conscientemente envolvido na construção de uma entidade pública, quer se trate de um castelo de areia na praia ou uma teoria do universo”*. (tradução nossa) (PAPERT, 1991, p.1)

Papert defende a aprendizagem através do fazer, do construir e do criar, independente da tecnologia utilizada para tal, mas dentro de um contexto

significativo para o sujeito que cria. Acreditamos que a teoria de Papert se aplica tanto a crianças como a adultos, pois consideramos que o aprendizado é um processo contínuo ao longo da vida e pode ser desenvolvido também através da construção de artefatos e “objetos para pensar com”¹².

Dentre as tecnologias possíveis de serem utilizadas nos processos de aprendizagem, Papert se destacou por estudar o uso do computador como “máquina do conhecimento”¹³. Para ele, este é um recurso capaz de oferecer as condições necessárias para a passagem do nível operatório concreto para o operatório formal.

Minha hipótese é que o computador pode concretizar (e personalizar) o pensamento formal [...] Os conhecimentos que antes só eram acessíveis através de processos formais podem agora ser abordados concretamente. E a verdadeira magia vem do fato de que esses conhecimentos incluem os elementos necessários para tornar um sujeito pensador formal. (tradução nossa) (PAPERT, 1980, p.21).

O Construcionismo, apoiado pelo uso do computador, permite que o sujeito, através do *learning-by-making* descubra que um problema possui diferentes soluções; que as soluções, quando comparadas entre si, tem diferença, por exemplo em relação ao tempo de resposta; que as soluções devem ser pensadas e descritas passo-a-passo; e que um problema pode ser dividido em pequenas partes, mais fáceis de serem resolvidas e de serem reaproveitadas. Além disso, o processo de *debugging* (localizar e corrigir problemas) promove o que Papert chama de “*thinking about thinking*”, ou seja, a execução passo-a-passo do código elaborado faz com que o sujeito pense sobre a solução que criou, identificando os erros e, até mesmo, localizando pontos que poderiam ser melhorados. Ao fazer isso, o sujeito está, também, melhorando o seu entendimento sobre o problema para o qual está buscando solução através do software e, conseqüentemente, melhorando a sua estrutura conceitual.

Adiantando-se em seu tempo, Papert previu a possibilidade do construcionismo ser apoiado por atividades cibernéticas. Em Papert (1991), o pesquisador fala em computadores miniaturizados que possam executar programas escritos em LOGO, controladores que permitam que uma criança construa uma casa LEGO com um sistema de controle de temperatura programável, sensores que viabilizem o desenvolvimento de formas de vida artificial capazes de buscar

¹² Originalmente *objects-to-think-with* (Papert, 1980, p. 11), em referência a Tartaruga da linguagem LOGO.

¹³ Termo apresentado em Papert (1994, p. 14)

condições ambientais tais como luz ou calor. Isso já é realidade e projetos deste tipo tem sido desenvolvido dentro de *makerspaces*.

Segundo Stager (2013), “*mais de uma década antes da cultura maker e do surgimento dos Fab Labs como espaços de aprendizagem, Papert já havia obtido sucesso em criar uma escola baseada nos ideais do movimento maker*” (tradução nossa) (p. 487). Ele criou um espaço de aprendizagem em uma instituição para recuperação de menores infratores, batizada de CLL (*Constructionist Learning Laboratory*), “*projetado para proporcionar um espaço no qual os aprendizes pudessem produzir conhecimento através do ato de construir coisas*” (tradução nossa) (p. 487). Por causa dessa experiência, Papert tornou-se referência em todas as pesquisas focadas no uso de *makerspaces* como ambientes de aprendizagem, chegando a ser considerado por Martinez e Stager (2013, p. 17) como “*o pai do movimento maker*”.

4.2.3 Paulo Freire

A obra de Paulo Freire privilegia a prática educativa, a qual deve ser, em sua concepção, baseada na relação do homem com a sua realidade. Para ele “*somente a formação e o desenvolvimento de uma consciência capaz de apreender criticamente as características dessa realidade particular possibilitariam o exercício de sua atuação criadora.*” (BEISIEGEL, 2010, p.30). Ou seja, é a através da consciência crítica da realidade que o sujeito terá condições de identificar onde e como ele poderá agir para transformar esta realidade. Assim, o aprendizado deveria ser contextualizado.

Paulo Freire questionou: “*Porque não estabelecer uma 'intimidade' entre os saberes curriculares fundamentais aos alunos e a experiência social que eles têm como indivíduos?*” (FREIRE, 2011, p.32). Questionamentos como estes, estão presentes na obra de Paulo Freire como forma de estabelecer uma relação dialógica com o leitor. Conforme Brandão (*apud* SANTOS, 2012) “*um diálogo é quando as pessoas aprendem a aprender umas com as outras, criando juntas algo que acaba sendo de cada uma, porque é também de todas juntas*”(SANTOS, 2012, p.1236). O dialogismo é, também, um dos pilares da teoria de Paulo Freire. É através do diálogo que se consegue acessar o conhecimento dos sujeitos, compreender a visão de mundo dos sujeitos e desenvolver um “*pensar verdadeiro. Pensar crítico*”.

(FREIRE, 1987, p.47). Somente este tipo de pensamento tem condições de mudar a realidade do mundo.

Ninguém pode estar no mundo, com o mundo e com os outros de forma neutra. Não posso estar no mundo de luvas nas mãos constatando apenas. A acomodação em mim é apenas caminho para a inserção, que implica decisão, escolha, intervenção na realidade (FREIRE, 2011, p.75).

Essa intervenção é resultado da observação, da crítica e da curiosidade. Paulo Freire afirmava que a curiosidade era o motor da produção do conhecimento, associado a nossa capacidade de indagar, de comparar, de duvidar e de aferir. Segundo ele "*não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fizemos.*" (FREIRE, 2011, p.33)

4.3 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS

O construcionismo de Papert é referência para as práticas pedagógicas adotadas em *makerspaces* educacionais, as quais na literatura norte-americana são denominadas *Learning Frameworks*, não havendo ainda um sinônimo na língua portuguesa. Destacamos as práticas pedagógicas documentadas por Honey e Kanter (2013), Clap (2016), Wardrip e Brahms (2015), Martinez e Stager (2013).

Honey e Kanter (2013) propõe a metodologia de aprendizagem que é utilizada no *New York Hall of Science* (2013), a qual denominam *Design-Make-Play*:

- *Design*: os alunos identificam problemas ou necessidades, avaliam opções considerando suas restrições, e aprendem a planejar, modelar, testar e iterar soluções, tornando as habilidades de pensamento de ordem superior tangíveis e visíveis.
- *Make*: os alunos constroem ou adaptam objetos manualmente, pelo simples prazer de descobrir como as coisas funcionam.
- *Play*: os alunos desenvolvem atividades prazerosas, envolvendo brincadeira (jogos ou faz de conta), invenções ou explorações.

Clap (2016) propõe rotinas de pensamento (*thinking routines*), que podem ser utilizadas sozinhas ou combinadas, repetidamente até conseguir fazer com os alunos mudem o seu modo de ver os problemas.

- Rotina 1: Partes, propósitos e complexidades. Tem por objetivo desacelerar os alunos e fazê-los prestar atenção no que estão

trabalhando. Baseia-se em três perguntas sobre um determinado objeto ou sistema: quais são as suas partes? (o objeto ou sistema é formado por quais peças e componentes?) qual é o seu propósito (para que servem cada uma das peças ou componentes do objeto ou sistema?) qual é a sua complexidade? (o quanto é complexa cada uma das partes? como as partes se relacionam?).

- Rotina 2: Partes, pessoas e interações. Semelhante a partes, propósitos e complexidades, mas com a intenção de fazer os alunos pensarem nas diferentes maneiras com que as pessoas interagem com um sistema. Baseia-se em quatro perguntas sobre um determinado sistema: quais são as suas partes? Quais são as pessoas conectadas ao sistema? Como as pessoas conectadas ao sistema relacionam-se entre si e com o sistema? Como uma mudança em um dos elementos do sistema afeta as suas demais partes e as demais pessoas conectadas a ele?
- Rotina 3: Pense, sinta e se importe. Visa fazer com que os estudantes imaginem os vários tipos de usuários que o sistema terá. Baseia-se em três perguntas sobre um determinado sistema: Pense: como determinada pessoa irá enxergar o sistema e qual será o seu papel nesta interação? Sinta: qual será a resposta emocional desta pessoa em relação ao sistema e a sua posição em relação a ele? Importe-se: quais os valores, prioridades ou motivações de determinada pessoa em relação ao sistema? Porque o sistema é importante para essa pessoa?
- Rotina 4: Imagine se...: Foi criada com o objetivo de desenvolver a capacidade de encontrar oportunidades. Baseia-se em três perguntas sobre o objeto ou sistema que está sendo desenvolvido: como ele poderia ser mais eficaz? Como ele poderia ser mais eficiente? Como ele poderia ser mais ético? Como ele poderia ser mais bonito?

Wardrip e Brahms (2015), a partir do trabalho realizado no *Children's Museum of Pittsburgh*, identificaram as seguintes práticas de aprendizagem em *makerspaces*:

- Investigação: os alunos realizam explorações e questionamentos, apresentando-se abertos e curiosos sobre as possibilidades da atividade.

- Criação (“*tinker*”): os alunos envolvem-se na criação de alguma coisa do seu interesse de forma divertida, realizam testes, avaliam riscos e envolvem-se no uso de ferramentas, materiais e processos.
- Procurar e compartilhar recursos: os alunos buscam e compartilham conhecimentos uns com os outros.
- Desmontar e dar novo propósito: os alunos desmontam coisas e encontram novas utilidades para as peças.
- Expressar intenção: os alunos descobrem interesses e gostos particulares, ajudando na formação da identidade de cada um.
- Desenvolver fluência: os alunos tornam-se competentes para o uso de diversas ferramentas, materiais e processos.
- Simplificar para complexificar: os alunos tornam-se capazes de utilizar/combinar materiais ou processos de maneiras diferentes das originalmente pensadas, dando-lhes novos significados.

Martinez e Stager (2013) propõe um modelo de aprendizagem chamado *Think, Make, Improve*:

- *Think*: incorpora muitos dos processos de resolução de problemas encontrados em outras abordagens. Nessa etapa os alunos realizam brainstormings, decidem se vão trabalhar sozinhos ou não, fazem pesquisas, planejam sobre os materiais que vão utilizar, organizam quadros de tarefas, etc.
- *Make*: é a etapa de criação. Os alunos brincam, criam e testam. Eles constroem, desconstroem, testam estratégias/materiais, observam a criação dos outros, documentam seu processo, procuram as vulnerabilidades da sua invenção, etc.
- *Improve*: é a etapa em que os alunos consertam os problemas do seu projeto ou fazem melhorias no mesmo. Este processo pode incluir pesquisas, conversas com os colegas, análise do problema sob perspectivas diferentes, uso de materiais diferentes, isolamento de variáveis, consulta a especialistas, etc.

McKay e Glazewski (2017) não apresentam um método de trabalho, mas sim uma relação de valores e princípios que devem nortear qualquer prática pedagógica, a saber:

- Aprendizagem deve ser promovida através do fazer em um contexto significativo: os sujeitos, ao criarem, devem conseguir conectar teoria e prática através de experiências contextualizadas.
- Aprendizagem através do fazer deve estar situada dentro de uma comunidade: a aprendizagem se dá pela interação entre o sujeito e o meio e entre os sujeitos compõem uma comunidade. Logo, não se pode desprezar a colaboração e a influência cultural e social do meio sobre o resultado da experiência.
- Aprendizagem através do fazer deve ser ativa e auto-direcionada: o sujeito deve ser livre para determinar como quer realizar as atividades, para experimentar, errar e corrigir. Entretanto a importância do professor não deve ser diminuída, pois é ele quem irá orientar as atividades e conduzir o processo de reflexão.

Observamos que os *Learning Frameworks* acima descritos, não possuem práticas focadas no desenvolvimento do pensamento formal. Assim, identificamos nas Arquiteturas Pedagógicas¹⁴ (AP) um meio de estruturar uma abordagem a ser utilizada nos *makerspaces* educacionais e, a partir disso, elaboramos uma proposta de Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em *Makerspaces* Educacionais, a qual será apresentada na seção 5.2.4 deste documento.

¹⁴ As Arquiteturas Pedagógicas são propostas de trabalho estruturantes, maleáveis e adaptáveis a diferentes enfoques temáticos, que combinam epistemologia e concepção pedagógica com o aparato tecnológico.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Sabendo que o fenômeno a ser investigado nesta pesquisa era o desenvolvimento cognitivo e que, para isso, seria necessário observar e refletir sobre o comportamento, o discurso (falado ou escrito) e a capacidade de criação dos sujeitos, fomos buscar, na obra de Piaget e seus colaboradores, por orientações sobre como proceder na realização dos experimentos.

5.1 O MÉTODO DE EXPLORAÇÃO CRÍTICA DE INHELDER

Em Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) encontramos uma descrição do Método de Exploração Crítica, o qual se apoia sobre os seguintes elementos:

- **Método de interrogação:** baseado no Método Clínico, muito utilizado por Piaget, o qual consiste na intervenção sistemática do experimentador a partir de hipóteses que vai formulando diante da atuação do sujeito e das respostas às suas ações ou explicações. Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) chamam a atenção para o fato de que esse método foi sucessivamente modificado durante os trabalhos de Piaget e de seus colaboradores, chegando a dois formatos distintos:
 1. o método não verbal: baseado apenas em observações. Útil no primeiro estágio de desenvolvimento, quando a criança ainda não consegue se expressar.
 2. o método da manipulação e formalização: baseado em observação e diálogos durante a realização de um experimento utilizando materiais familiares à criança. A partir da elaboração deste segundo tipo de método clínico, Piaget passa a chamá-lo também de método crítico:

Esse "método crítico" (se nos permitem batizar assim a culminação dos procedimentos originalmente assimilados do "método clínico" dos psiquiatras) consiste em sempre dialogar livremente com o sujeito, em vez de restringir-se a perguntas fixas e padronizadas e, assim, preserva todas as vantagens adaptada a cada criança e, destinada a ajudá-la ao máximo a tomar consciência e formular suas próprias atitudes mentais; mas se limita a introduzir perguntas e discussões apenas na seqüência ou durante as manipulações relacionadas a objetos que suscitam uma determinada ação do sujeito (Piaget, apud in DELVAL, 2002, p. 65)
- **Apresentação experimental:** Segundo Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) *"o modo de experimentação está sempre subordinado aos problemas específicos que são colocados"* (p. 31), sejam eles de

natureza lógica ou fenômenos de ordem física. Dessa forma, para que se possa analisar o uso e desenvolvimento de estruturas do pensamento é necessário que os experimentos explorem problemas tanto lógicos quanto físicos. Os pesquisadores destacam que

“A experimentação será tanto mais proveitosa quanto mais dados imprevistos ela apresentar. Não é, senão depois de se ter recolhido, um conjunto de condutas as mais completas possíveis, ... que podemos aplicar uma planificação experimental escolhendo as situações e os tipos de perguntas e contra-argumentos, que mostraram ser os mais enriquecedores e os mais pertinentes à experimentação e à interrogação da criança, uma análise interpretativa dos dados” (INHELDER; BOVET; SINCLAIR, 1977, p. 33).

Para se elaborar um experimento “modelo”, em que todos os detalhes tenham sido previamente planejados, se é que isso é possível, há a necessidade de um período maior ou menor de explorações, de sondagens, a partir dos quais, por aproximações sucessivas, é que se chega a técnica proposta.

- **Análise das condutas:** deve partir de hipóteses e ser desenvolvida sobre a observação das atividades dos sujeitos. Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) chamam atenção para três elementos importantes da análise:
 - a. Atividade do sujeito: os pesquisadores destacam que “*ser ativo cognitivamente não se reduz a uma manipulação qualquer; pode haver atividade mental sem manipulação, assim como pode haver passividade com manipulação*” (p. 36). O que significa que o experimental não pode basear a sua análise apenas na observação da manipulação do objeto.
 - b. Coordenação dos esquemas: a análise deve levar em consideração os esquemas que o sujeito possui, ou não, e que lhe levaram ao resultado final, mesmo que errôneo, pois isso “*parece pertencer a uma etapa necessária para chegar ulteriormente a esta*” (p. 36).
 - c. Etapas da evolução: deve-se levar em consideração na análise em qual etapa do desenvolvimento cognitivo encontra-se o sujeito, pois isso irá ajudar a entender “*certas vias principais que conduzem a elaboração do conhecimento*” (p. 37)

A partir desses elementos Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) construíram sua metodologia de trabalho, a qual começava *“cada pesquisa de aprendizagem por uma fase de “sondagem”, durante a qual era concedida muita liberdade na conduta do interrogatório e na intervenção das situações”* (p. 37). Para avaliar as noções em jogo, criaram situações que exigiam a confrontação de diversos esquemas, *“com a idéia de que os conflitos eventuais resultantes de tais confrontações poderiam fazer surgir novas coordenações”* (p. 38). Sobre essas situações, entrevistavam de modo a evitar que apenas respostas corretas fossem dadas. *“Não tememos respostas incorretas desde que estas traduzam um encaminhamento autêntico do pensamento em evolução”*(p. 38)

Outro ponto importante da metodologia utilizada por Inhelder, Bovet e Sinclair (1977) era a seleção dos sujeitos de pesquisa.

“Para algumas pesquisas, pode-se contentar em selecionar todos os sujeitos que não tem ainda a noção à qual se procura fazer chegar. É mesmo possível de se contentar em escolher um grupo de idade, do qual já sabemos, por pesquisas anteriores, que a noção em questão não foi ainda adquirida”. (p. 38)

Em seu método, os pesquisadores utilizaram pré-testes, a fim de determinar o nível dos sujeitos, e pós-testes, para avaliar o resultado das aquisições dos sujeitos. *“É preciso pelo menos dois pós-testes, sendo que o último serve para controlar, depois de um intervalo de algumas semanas, a estabilidade da conduta obtida”*(p. 40). Os pós-testes eram elaborados de modo que possuísse:

- Questões que avaliassem a mesma noção, mas com conteúdo diferente do pré-teste. Por exemplo, se para avaliar a inclusão de classes o pré-teste era utilizado um material sobre flores, o pós-teste podia utilizar um material sobre animais.
- Questões que exigissem outro tipo de resposta, diferente daquela apresentada no pré-teste. Por exemplo, se no pré-teste a resposta a uma questão sobre inclusão de classe era dada na forma de “a rosa pertence ao grupo das flores”, pedia-se que, no pós-teste, a criança reunisse todos os elementos similares e desse um nome ao conjunto.
- Um problema cuja estrutura era parecida, mas não idêntica, àquela do pré-teste. Por exemplo, nos problemas sob inclusão de classes pedia-se, no pós-teste, uma questão sobre intersecção.

A partir da experiência de Inhelder, Bovet e Sinclair (1977), na condução de pesquisas sobre aprendizagem e desenvolvimento, e os elementos de sua metodologia, construímos o método de trabalho dessa pesquisa de doutorado.

5.2 O MÉTODO UTILIZADO

Nosso método de trabalho é baseado em observação e análise qualitativa, variando as experimentações e as maneiras de coletar, transcrever, apresentar e analisar os dados, conforme a questão de pesquisa a qual se deseja obter resposta.

Para Inhelder e seus colegas

é preciso ter presente que, se o que nos interessa é entender como os sujeitos vão mudando ao longo do seu desenvolvimento, podemos utilizar diferentes estratégias para estudá-los .. Um método não é bom nem mau em si. Ele não pode ser julgado senão em função dos problemas ao qual é chamado a resolver e que, por sua vez, são orientados por perspectivas epistemológicas mais ou menos explícitas (Inhelder, Sinclair e Bovet apud in DELVAL, 2002 p. 33)

Apesar da diversidade de estudos que realizamos, todos tinham as seguintes práticas em comum:

- Os estudos eram realizados durante atividades identificadas como Oficina de Criatividade no Contexto da Cultura *Maker*.
- Durante essas oficinas os sujeitos eram desafiados a fabricar um artefato utilizando, para tanto, ferramentas de fabricação digital.
- As atividades eram registradas na forma de fotos e gravações de áudio e vídeos.
- Antes do início das atividades os sujeitos de pesquisa eram situados entre os níveis operatório concreto ou formal através da realização dos Testes Operatórios Coletivos, os quais consideramos como pré-testes.
- Os sujeitos participantes das atividades registravam o desenvolvimento de seus projetos e seu histórico de aprendizagens na forma de um portfólio.
- Os diálogos com os sujeitos de pesquisa, para fins de coleta de dados sobre os processos cognitivos, eram inspirados no Método Clínico.

Sabemos que o Método Clínico foi concebido para ser utilizado em seções de experimentação presenciais e individuais, assim como em uma consulta clínica. Entretanto, o fato de os sujeitos de pesquisa raramente terem disponibilidade para seções individuais de entrevistas, levou-nos a adaptar o método clínico para ser

realizado à distância. Assim, a partir dos registros feitos pelos sujeitos em seus portfólios de projeto, que eram armazenados no Google Drive, registrávamos comentários sobre o texto de modo a, a partir disso, estabelecer um diálogo em que o sujeito era questionado sobre as experiências vividas em laboratório.

5.2.1 Os Testes Operatórios Coletivos

Esse instrumento fez o papel dos pré-testes utilizados por Inhelder e seus colegas. Seu uso tinha por objetivo determinar o nível cognitivo dos sujeitos de pesquisa e, a partir disso, estabelecer um parâmetro de comparação sobre o uso das operações formais antes e depois do experimento.

Para escolhermos quais testes utilizar, recorremos a revisão bibliográfica feita por Andrade (1984) sobre os testes de desenvolvimento cognitivo baseados na obra de Jean Piaget. O pesquisador identificou 27 tipos de testes, dentre os quais buscamos por aqueles que envolviam a avaliação dos estágios operatórios (concreto e formal), que pudessem ser aplicados de forma coletiva e adaptados para o formato eletrônico.

Optamos, então, pelos Testes Operatórios Coletivos de François Longeot, levando, também, em consideração a avaliação feita por Andrade (1984): “*alguns apresentam mais informações psicométricas favoráveis e por isso têm sido mais amplamente utilizados em pesquisas; é o caso, por exemplo, ... de Longeot (1969)*” (p. 20). De fato, os testes de Longeot aparecem como instrumento de avaliação do nível de desenvolvimento cognitivo em diversas pesquisas, tais como as desenvolvidas por Cantelli, Borges e Assis (2005); Lis e Magro (1993); Pandey, S.B.Bhattacharya e Rai (1993); Camargo (1990); Sheehan (1970); Souza e Macedo (1986); Lemos e Queiroz, (2015), entre outros.

François Longeot (1979) em sua pesquisa sobre o desenvolvimento de uma Escala do Desenvolvimento do Pensamento Lógico (*L'Échelle de Développement de la Pensée Logique* - EDPL), elaborou um conjunto de provas operatórias adaptadas das situações utilizadas por Piaget e seus colaboradores para estudar o desenvolvimento cognitivo. “*Dois das provas pertencem ao campo da física (conservações e pêndulo), duas pertencem ao domínio lógico-matemático (combinatória e quantificação de probabilidades) e uma ao domínio da representação do espaço (curvas mecânicas).*” (tradução nossa) (HUTEAU; LAUTREY, 2003 p.170)

Entretanto, Longeot desejava poder verificar o nível de desenvolvimento cognitivo de uma grande quantidade de sujeito utilizando, para isso, um material leve e fácil de transportar e manipular. Assim “*Longeot foi levado, na pesquisa mencionada acima, também a desenvolver testes de papel e lápis de 'operações formais'*”(tradução nossa) (HUTEAU; LAUTREY, 2003 p.173)

Esses testes, chamados de Testes Operatórios Coletivos (*Tests Operatoires Collectifs* (TOC)), deveriam, ainda, ser complementares e não paralelos, onde cada um deles possuísse várias questões que possibilitassem raciocínios próprios aos diferentes estágios. Depois de avaliados pelo experimentador, os testes situariam o sujeito em um dos níveis da EDPL, as quais são: concreto A, concreto B, pré-formal, formal A e formal B. Os TOCs são três:

- Teste das operações formais em relação a lógica proposicional (TOFLP): sabe-se que as operações proposicionais só surgem a partir do estágio operatório formal, mas já no operatório concreto é possível encontrar indícios de uma lógica nas operações sobre conjuntos. Assim, as questões relativas ao nível operatório formal foram elaboradas sobre problemas envolvendo implicação, união, disjunção, negação, equivalência, etc. Já as questões relativas ao operatório concreto avaliam a capacidade do sujeito de realizar operações de transitividade, reversibilidade e recíproca. Esse protocolo inclui 6 problemas relacionadas com raciocínios do nível operatório concreto e 7 problemas de nível operatório formal. Os resultados são expressos em valores numéricos, que correspondem aos níveis de desenvolvimento: até 5 pontos, operatório concreto; de 6 a 8 pontos, operatório formal A; acima de 9 pontos, operatório formal B. O protocolo de aplicação é apresentado no Apêndice A
- Teste das operações formais combinatórias (TOFC): as questões de nível concreto verificam, basicamente, a capacidade dos sujeitos de realizarem multiplicação lógica de classes e a criação de duplas com permutação dos elementos. As questões de nível operatório formal são focadas nas combinações e permutações. Esse protocolo inclui 3 problemas relacionados com raciocínios do nível operatório concreto e 5 problemas de nível operatório formal. Os resultados são expressos em valores numéricos, que correspondem aos níveis de desenvolvimento:

até 3 pontos, operatório concreto; de 4 a 5 pontos, operatório formal A; acima de 6 pontos, operatório formal B. O protocolo de aplicação é apresentado no Apêndice B.

- Teste das operações formais em relação a lógica das probabilidades ou proporções (TOFP): a partir do momento em que o sujeito, ao observar a frequência relativa de eventos do mesmo tipo numa série de eventos semelhantes, consegue estabelecer a relação do tipo X vezes em N, ele torna-se capaz de determinar um grau de segurança em relação ao resultado de um evento. Sendo assim, as questões relativas ao nível operatório concreto tem por objetivo verificar se os sujeitos conseguem raciocinar sobre casos favoráveis ou desfavoráveis de uma situação. As questões do nível pré-formal verificam se o sujeito consegue estabelecer comparações entre proporções e as do nível operatório formal verificam se o sujeito consegue comparar proporções com numeradores e denominadores diferentes, e se consegue estabelecer relações sobre relações (operações de 2ª potência). Esse protocolo inclui 4 problemas relacionadas com raciocínios do nível operatório concreto, 2 problemas de nível pré-formal e 5 problemas de nível operatório formal. Os resultados são expressos em valores numéricos, que correspondem aos níveis de desenvolvimento: até 3 pontos, operatório concreto; de 4 a 5 pontos, pré-formal; acima de 6 pontos, operatório formal. O protocolo de aplicação é apresentado no Apêndice C.

Para fins desta pesquisa, utilizou-se os testes traduzidos para o espanhol, de Chadwick e Orellana (2016). Os testes foram inicialmente experimentados com um grupo de alunos do ensino médio, quando verificou-se a necessidade de ajustes na redação de certas questões a fim de resolver problemas de interpretação, tais como o observado em:

- Quarto raciocínio do TOFLP que dizia em seu enunciado: “Em um jardim se plantam flores. Neste jardim existem 30 rosas e 5 cravos”. Vários alunos questionaram se cravo era flor, e por isso alterou-se o enunciado para “Em um jardim se plantam flores. Neste jardim existem 30 rosas e 5 margaridas”.
- Problema 1 do TOFC que perguntava “Quais são os pares possíveis de serem formados nesta festa improvisada?”. Sobre isso foi levantada a

questão sobre os pares serem constituídos por sujeitos de sexos diferentes ou também do mesmo sexo. Por isso, a pergunta foi ajustada para “Quais são os pares (homem-mulher) possíveis de serem formados nesta festa improvisada?”

Os testes, adaptados para o formato eletrônico, foram desenvolvidos utilizando a ferramenta Google Forms e estão disponíveis nos seguintes endereços eletrônicos:

- TOFP - <https://goo.gl/forms/OQ5Xm6vZp69eWJU73>
- TOFLP - <https://goo.gl/forms/Ygp9peBoPv4nIWb53>
- TOFC - <https://goo.gl/forms/VpYrTkYmD5wkjDK13>

Depois de corrigidos, os resultados eram transferidos para uma planilha eletrônica contendo a fórmula correspondente às regras que determinavam o nível na EDPL. Esses testes, junto com os portfólios de projeto criados por cada um dos sujeitos que participaram nas atividades experimentais, constituíram importantes fontes de informação para essa pesquisa de doutorado.

5.2.2 Portfólios de Aprendizagem

Segundo Possolli e Gubert (2015) “o *portfólio de aprendizagem é uma compilação de anotações, rascunhos e esboços de projetos em implantação, trabalhos escolares e diário da aprendizagem dos alunos*” (p. 354). Hernández (1998) complementa essa definição dizendo que o portfólio “*propicia evidências do conhecimento que foi sendo construído, das estratégias utilizadas para aprender e da disposição de quem o elabora em continuar aprendendo*”. (p. 100)

Esses autores, entre outros, utilizam o portfólio como instrumento de avaliação. No contexto dessa pesquisa de doutorado, o portfólio transcende essa função e passa a constituir um importante recurso não apenas para verificar o que o aluno aprendeu durante o processo de fabricação digital, mas principalmente para fornecer dados sobre a forma de raciocinar de cada um dos sujeitos, sobre as operações mentais empregadas na resolução de problemas e sobre o uso e desenvolvimento do pensamento formal.

O fato de ter sido escolhido o Google Docs como suporte tecnológico para a criação dos portfólios permitiu, através do recurso de comentários, uma interação assíncrona entre os proprietários do documento e a pesquisadora, com uma estrutura muito próxima daquela adotada no Método Clínico. Por vezes, um diálogo

era construído sobre as dúvidas registradas pelos sujeitos, as quais eram esclarecidas através de um processo de reflexão e tomada de consciência.

Aos participantes foi solicitado que fizessem os registros no portfólio ao final de cada encontro. Esses deveriam trazer em seu conteúdo:

- data do registro;
- evidências da produção naquela data (fotos, desenhos, relação de sites pesquisados, diagramas, relatos textuais);
- questões pendentes que foram dadas como solucionadas naquela data (quais e como foram solucionadas);
- dúvidas que surgiram naquela data;
- reflexões sobre como e o que cada um aprendeu entre um encontro e outro;
- indicações de evolução no projeto (principalmente fotos)

Não foi imposta nenhuma formatação ou estilo de linguagem, de modo que o sujeito ficasse livre para escrever da maneira que achasse mais confortável e, por conta disso, conseguisse apresentar suas linhas de raciocínio.

5.2.3 Arquitetura Pedagógica Para Aprendizagem em *Makerspaces* Educacionais

Para a realização das atividades experimentais era necessária a adoção de uma prática pedagógica que não apenas orientasse a condução das atividades, mas que também levasse os sujeitos a usarem o pensamento formal. Como visto na seção 4.3 deste documento, as práticas pedagógicas documentadas até então, na literatura norte-americana, não demonstram relação com questões sobre o desenvolvimento operatório dos alunos. Assim, identificamos nas Arquiteturas Pedagógicas (AP) um meio de estruturar uma abordagem pedagógica a ser utilizada nos *makerspaces* educacionais.

Carvalho, Nevado e Menezes (2005) introduziram o conceito de Arquiteturas Pedagógicas (AP), as quais são propostas de trabalho estruturantes, elaboradas a partir da vivência do docente, maleáveis e adaptáveis a diferentes enfoques temáticos e diferentes ambientes sócio-educativos, que se apoiam na articulação entre a epistemologia genética de Piaget e a pedagogia da pergunta de Paulo Freire. São princípios de uma AP

a) educar para a busca de soluções de problemas reais; b) educar para transformar informações em conhecimentos; c) educar para a autoria, a expressão e a interlocução; d) educar para a investigação; e f) educar para a autonomia e a cooperação. (CARVALHO, NEVADO; MENEZES, 2007).

As APs contam com o suporte de tecnologias digitais, as quais, entretanto, “*não são definidoras das ações, tampouco consideradas como um simples apoio*” (ARÁGON, 2016, p.263). Elas são um componente importante das APs, servindo tanto como instrumentos cognitivos quanto como ferramenta de mediação pedagógica. As APs pressupõem, não apenas uma adaptação das tecnologias à prática educativa, mas também uma ressignificação de papéis, quando o aluno torna-se protagonista da sua aprendizagem e o professor passa a ser pesquisador e autor de atividades problematizadoras que provoquem, “*por um lado, desequilíbrios cognitivos e, por outro, suportes para as reconstruções*” (ARÁGON, 2016, p. 263).

A Arquitetura Pedagógica Para Aprendizagem em *Makerspaces* Educacionais (APAME), que apresentamos através da Figura 5, propõe uma organização de trabalho, cujas atividades envolvem o uso de tecnologias digitais e são amparadas pela epistemologia de Jean Piaget. Cabe destacar que, no caso da APAME, os projetos têm como objetivo a construção de um artefato físico a partir da articulação de conhecimentos e habilidades nas áreas de design, engenharia e computação.

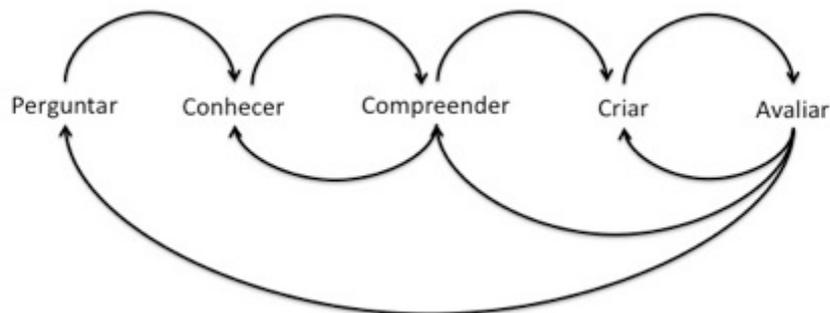


Figura 5 - Momentos da APAME

Como mostra a Figura 5, a APAME possui cinco momentos que se sucedem, mas que permitem também os retrocessos inerentes aos fazer e compreender. Cada um desses momentos tem objetivos bem específicos, a saber:

- Perguntar: essa etapa visa levar o aluno a identificar as oportunidades de pesquisa e formular as questões que irão orientar o desenvolvimento do projeto. Conforme Fagundes, Sato e Maçada (s.d, p.16) “é

fundamental que a questão a ser pesquisada parta da curiosidade, das dúvidas, das indagações do aluno, ou dos alunos, e não imposta pelo professor. Isto porque a motivação é intrínseca; é própria do indivíduo.”

- Conhecer: momento em que o sujeito obtém informações mais aprofundadas sobre os elementos (técnicos, humanos e éticos) que compõem o problema. Pode envolver atividades como desmontar um equipamento, pesquisar soluções já existentes, conhecer as tecnologias que poderão ajudar na solução, conhecer as leis relacionadas ao problema, etc.
- Compreender: momento que está intimamente ligado ao conhecer, pois quanto mais se conhece o objeto de pesquisa, melhor se compreende o problema e a solução a qual se deseja chegar. Nesta etapa, alguns conhecimentos tidos como certos podem se mostrar provisório. Nesse caso, é possível que se faça necessário buscar outros conhecimentos que irão ajudar a compreender o problema.
- Criar: corresponde a etapa de fabricação, de correções e ajustes do projeto. O sujeito torna concreto aquilo que era abstrato. Por causa disso, a avaliação deve ser constante, sendo realizada toda vez que uma parte do projeto toma forma.
- Avaliar: é quando se coloca em uso aquilo que foi criado, sujeitando o objeto a inspeções, testes e comparações. Disso pode resultar a necessidade de correções ou modificações do projeto e até mesmo a necessidade de se compreender melhor os elementos do problema e da solução projetada. Pode ainda, ser o início de um novo ciclo de perguntar, conhecer, compreender, criar e testar.

A documentação do desenvolvimento dos projetos é parte fundamental dessa AP. Seja na forma de portfólio de projetos ou diário de bordo, o aluno registra a evolução do produto, os processos criativos, de fabricação e de aprendizagem, e os conhecimentos adquiridos ao longo desses processos. Através da documentação o professor pode acompanhar a trajetória de aprendizagem do aluno, encaminhar questionamentos que conduzam o aluno em um processo de reflexão e tomada de consciência, e realizar avaliação contínua sobre as habilidades e competências desenvolvidas pelo aluno. Além disso, a documentação permite o compartilhamento do conhecimento e a divulgação dos resultados obtidos.

5.2.4 As Oficinas de Criatividade no Contexto da Cultura *Maker*

Essas oficinas constituíam atividades de extensão associadas ao Programa de Extensão POALab Fab Lab do IFRS, campus Porto Alegre. Foram ofertadas em três edições (2016/1, 2016/2 e 2017/2) e utilizadas como meio para a coleta de dados para essa pesquisa de doutorado. Cada oficina possuía temáticas e durações diferentes, conforme o objetivo do experimento (Quadro 3).

Quadro 3 - Dados gerais sobre as Oficinas de Criatividade

Nome	Carga Horária	Número de Participantes Certificados	Temática
Oficina de Criatividade 1	20 horas	12	Luminárias
Oficina de Criatividade 2	45 horas	12	Jogos de tabuleiro
Oficina de Criatividade 3	32 horas	8	Barco a vela

As Oficinas 1 e 2 foram dedicadas a responder às seguintes questões de pesquisa:

- Questão 1 - Quando o pensamento formal é aplicado durante as atividades de fabricação digital?
- Questão 3 - Qual seria uma abordagem pedagógica adequada para o uso do pensamento formal a partir do desenvolvimento de projetos de fabricação digital?

Já a Oficina 3, tinha como objetivo único e exclusivo verificar como as atividades de fabricação digital eram capazes de desenvolver o uso do pensamento formal (questão 2).

Todas as oficinas foram oferecidas gratuitamente, podendo participar sujeitos a partir de 15 anos de idade. As oficinas 1 e 2 eram abertas à comunidade, já a Oficina 3 foi oferecida apenas para alunos de 1º semestre dos cursos técnico ou superior tecnológico do IFRS, campus Porto Alegre. Para fins de análise dos dados da Oficina 3, foram considerados os sujeitos situados como Operatório Concreto em pelo menos um dos Testes Operatórios Coletivos e que tivessem realizado todas as atividades propostas pela pesquisadora.

Será possível observar, a partir da descrição de cada uma das oficinas nos capítulos seguintes, que o método de trabalho e os instrumentos de coleta de dados foram sendo ajustados, adaptados ou criados, a medida que a experiência no

ambiente do laboratório proporcionava à pesquisadora um amadurecimento do processo de pesquisa.

6 OFICINA DE CRIATIVIDADE 1

Este experimento teve por objetivo verificar o uso do pensamento formal no desenvolvimento de projetos em um *makerspace*. As atividades foram realizadas nas dependências do POALab, no período de 17/05/2016 a 14/06/2016. Foram realizados cinco encontros, de quatro horas cada, nos quais os participantes tomaram conhecimento sobre a cultura *maker* e os FabLabs, foram capacitados para o uso dos equipamentos de fabricação digital (impressora 3D, plotter de recorte e cortadora laser) e desenvolveram o projeto de fabricação de uma luminária. Este artefato foi escolhido por permitir que os sujeitos explorassem aspectos relacionados ao design, tais como o formato, os materiais e a usabilidade. Além disso, tinha potencial para explorar os conhecimentos relativos a eletricidade e eletrônica, pois a luminária poderia conter sensores e atuadores controlados por Arduino.

Por ocasião das inscrições, foi solicitado aos participantes que fornecessem informações sobre idade, curso em que estavam matriculados e que respondessem a um breve questionário a respeito dos seus conhecimentos sobre tecnologia. As questões eram as seguintes:

- Qual o seu curso? Caso já formado, qual a sua área de atuação profissional?
- Sabe como publicar conteúdo na web? Ou seja, sabe criar página HTML, ou blog?
- Sabe como pesquisar na web?
- Qual o mecanismo de pesquisa que você costuma utilizar?
- Além da pesquisa comum, sabe fazer pesquisa avançada usando os operadores lógicos?
- Já utilizou alguma ferramenta para gerenciamento de projeto? Qual?
- Faz parte de alguma rede social? qual ou quais?
- Sabe programar? Usando qual linguagem?
- Tem experiência com eletrônica? Ou mecânica?

Em seguida, os participantes realizaram os Testes Operatórios Coletivos. O Quadro 4 apresenta os resultados desses testes (o nomes reais foram trocados por nomes fictícios).

Quadro 4 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 1

Identificação	Sexo	Idade	TOFP	TOFC	TOFLP	Curso
Angelo	M	28	Formal	Formal	Formal	Redes de computadores
Bruna	F	20	Pré-formal	Formal	Concreto	Sistemas para Internet
Carlos	M	27	Formal	Formal	Formal	Redes de computadores
Daniel	M	19	Formal	Formal	Concreto	Design
Eduardo	M	19	Formal	Formal	Formal	Design
Fabiola	F	19	Formal	Formal	Formal	Sistemas para Internet
Gustavo	M	36	Formal	Formal	Concreto	Sistemas para Internet
Heitor	M	28	Formal	Formal	Formal	Sistemas para Internet
Ivan	M	52	Formal	Concreto	Formal	Panificação e Confeitaria
Julio	M	58	Pré-formal	Formal	Formal	Sistemas para Internet
Leando	M	18	Formal	Formal	Formal	Transações Imobiliárias
Mario	M	29	Formal	Formal	Concreto	Processos Gerenciais
Neusa	F	29	Formal	Formal	Formal	Gestão Ambiental
Oswaldo	M	22	Formal	Concreto	Formal	Gestão Ambiental
Pedro	M	30	Formal	Formal	Formal	Sistemas para Internet

Os dados obtidos com os Testes Operatórios Coletivos e com o questionário, demonstraram um grupo heterogêneo (em relação as áreas de formação), com sujeitos situados, na sua maioria, no estágio operatório formal. A partir dessas informações, os grupos foram previamente estruturados de modo que fossem multidisciplinares e que o conjunto dos conhecimentos prévios fosse equilibrado entre eles. Assim os 15 inscritos foram divididos em grupos. Entretanto, houveram desistências após o primeiro encontro e 12 participaram efetivamente das atividades propostas, constituindo três grupos, com 3 a 5 integrantes cada:

- Grupo 1: formado pelos sujeitos Bruna, Carlos, Eduardo e Heitor. O inventário de conhecimentos prévios do grupo indicou que todos sabiam como produzir conteúdo para web, apenas uma pessoa não tinha conhecimento sobre programação de computadores, todos participavam

de redes sociais e todos sabiam utilizar as ferramentas de pesquisa na web. Nenhum dos participantes tinha conhecimento em eletrônica e mecânica.

- Grupo 2: formado pelos sujeitos Angelo, Daniel e Osvaldo. O inventário de conhecimentos prévios do grupo indicou que todos sabiam como produzir conteúdo para web, apenas uma pessoa tinha conhecimento sobre programação de computadores. Todos participavam de redes sociais e todos sabiam utilizar as ferramentas de pesquisa na web. Apenas uma pessoa tinha conhecimento sobre programação de computadores e sobre o uso de ferramentas para gerenciamento de projetos.
- Grupo 3: formado pelos sujeitos Ivan, Julio, Mario, Neusa e Pedro. O inventário de conhecimentos prévios do grupo indicou que apenas um dos participantes não sabia como produzir conteúdo para web e não tinha conhecimento sobre programação de computadores; dois não participavam de redes sociais e outros dois tinham conhecimento de eletrônica básica. Todos sabiam utilizar as ferramentas de pesquisa na web.

Como resultado o grupo 1 produziu uma luminária para notebook (Figura 6), o grupo 2 produziu uma luminária decorativa em forma de globo (Figura 7) e o grupo 3 decidiu pela criação de uma luminária com fins pedagógicos. É interessante destacar como os conhecimentos prévios de cada grupo influenciaram nos resultados: o grupo 1, que tinha em sua maioria participantes da área de informática, decidiram por criar uma luminária para notebook para poderem utilizar o equipamento a noite, sem a necessidade de iluminação ambiente; o grupo 2, que tinha um aluno com experiência em gerenciamento de projetos, foi o único grupo que teve um processo de desenvolvimento da luminária constante, sempre apresentando resultados ao final de cada encontro; o grupo 3, em que dois dos seus componentes tinham conhecimento de eletrônica básica, foi o que decidiu pela criação de uma luminária com eletrônica embutida a fim de possibilitar experimentos de combinação de cores.

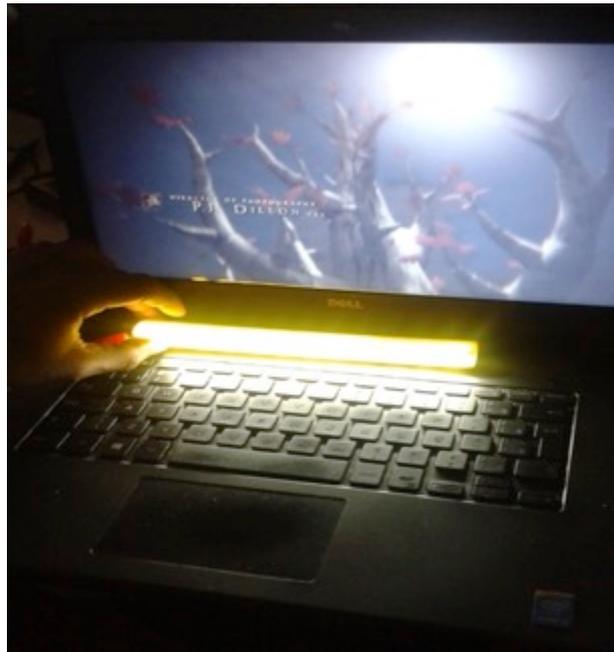


Figura 6 - Luminária para notebook



Figura 7 - Luminária decorativa

A luminária do grupo 3 não ficou pronta no tempo estabelecido por falta de organização do grupo e, principalmente, pelo fato de que a peça idealizada exigia conhecimentos sobre o uso de Arduino. A dificuldade dos sujeitos em projetar o

controle sobre as cores (o que demanda não apenas conhecimentos de eletrônica, mas também de programação), demonstrou que os mesmos ainda não possuíam os esquemas necessários para desenvolver a atividade, sendo necessário mais tempo para o aprendizado sobre Arduino, seus componentes e sua forma de programação.

6.1 ANÁLISE DE DADOS

Indícios do uso do pensamento formal puderam ser observados através dos registros nos portfólios individuais. A abstração mostrou-se geralmente associada a modelagem dos objetos, como pode-se observar a partir das transcrições abaixo:

Angelo - "... a ideia até o presente momento é a elaboração de uma forma esférica composta por oito hastes verticais e dois eixos, talvez três, horizontais em formato de círculo para fixação."

Carlos - "Fomos novamente para o Inkscape, começamos a projetar a caixa, que teria 4 peças de 33cm de comprimento por 5cm de altura e 2 peças de 5cm de comprimento por 5cm de altura"

Quando os sujeitos passaram da simples descrição do que pretendem criar para a construção de modelos, os níveis de abstração exigidos tornam-se cada vez maiores. Um esboço feito em papel, como o da Figura 8, fez Heitor começar a pensar na quantidade de peças que precisariam ser criadas, com as respectivas medidas, para montar uma caixa.



Figura 8 - Esboço feito por Heitor das medidas e modelo da caixa

Ao passar do papel para a modelagem computadorizada (Figura 9), utilizando uma ferramenta de desenho vetorial, o nível de abstração cresce, pois o sujeito se

vê frente a detalhes como tipo de encaixe e medida dos encaixes, considerando a espessura do material que será utilizado.

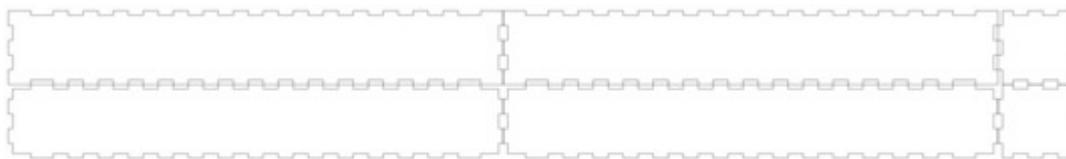


Figura 9 - Modelo vetorial da caixa - extraído dos registros de Carlos

A Figura 10 mostra um modelo bidimensional das faces do objeto e, em seguida, o modelo em 3D da peça (Figura 11). A modelagem 3D exige níveis de abstração maiores, pois o sujeito precisa lidar com faces ocultas, visões a partir de ângulos diferentes e o uso da perspectiva.

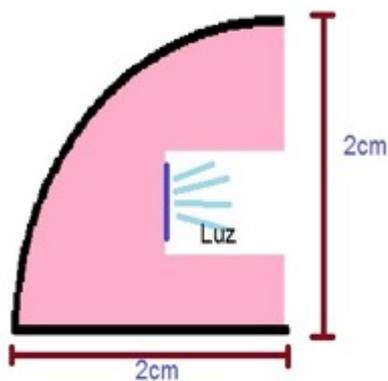


Figura 10 - Visão lateral da luminária para notebook - extraído dos registros de Bruna

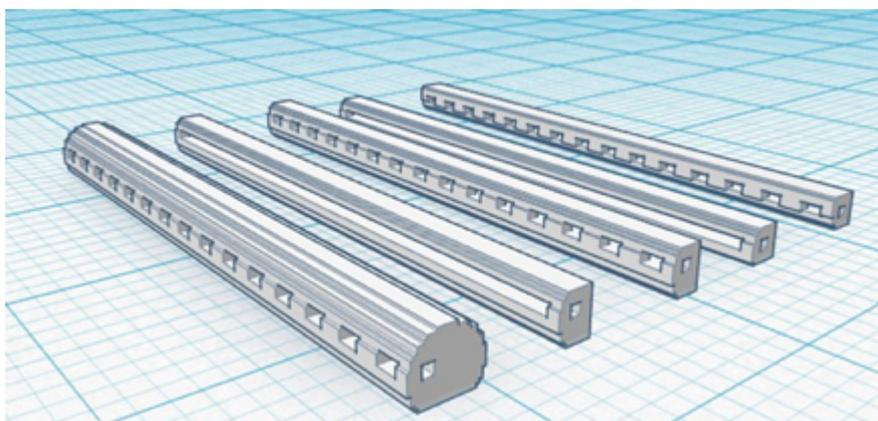


Figura 11 - Alternativas para o modelo de luminária para notebook - extraído dos registros de Carlos

Outra característica do pensamento formal, a realização de operações envolvendo proporções, aparece no relato de Bruna:

Bruna - “Começamos a falar das outras peças, os encaixes, antes elas mediam 3 centímetros de altura e 2 de comprimento, mas eu pensei que se fosse esse tamanho precisaríamos de muitas peças, falei para o grupo que seria melhor fazermos peças de 6 centímetros de altura e 4 de comprimento”

A identificação das variáveis envolvidas em um problema aparece no relato de Angelo sobre a atividade de corte a laser:

Angelo – “... a principal atenção a ser tomada é com relação a atribuição de prioridades nas áreas de cortes, onde deve-se dar prioridade para que os cortes menores e internos sejam realizados primeiros para que logo depois sejam feitos os maiores e deve-se programar também a intensidade do laser para definir se a respectiva área será cortada ou marcada tendo em conta que a potência do laser a ser determinada através dos parâmetros variam de acordo com o tipo de material (como papelão ou madeira mdf) quanto pela sua espessura.”

A elaboração de hipóteses aparece no relato de Angelo, a partir da constatação, feita por meio da criação de um protótipo em papel (Figura 12), de que o design projetado apresentava problemas.



Figura 12 - Protótipo em papel da luminária decorativa - extraído dos registros de Angelo

Angelo – “pensamos em ampliar a quantidade de astes laterais de oito para doze e utilizar a mesma disposição e angulação utilizada para demarcar as horas em um relógio, além de também deixá-las mais arredondadas e com as pontas superiores se projetando para o interior do objeto ..., pensamos em alterar também a base, estendendo o

comprimento das astes e removendo o círculo central e criando um suporte circular na base para encaixe e fixação das astes.

Quando Angelo escreve sobre uma possível forma de corrigir os problemas de design, ele está internamente elaborando um raciocínio hipotético do tipo “se alterarmos a base, estendendo o comprimento das hastes, removendo o círculo central e criando um suporte circular na base para encaixe das hastes então é possível consigamos resolver o problema relacionado com a fragilidade do sistema de fixação das hastes”. A partir disso, Angelo criou um novo protótipo para verificar se a solução projetada estava correta (Figura 13).



Figura 13 - Da esquerda para a direita, o primeiro protótipo em papel, a peça final em madeira e o segundo protótipo em papel - extraído dos registros de Angelo

6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EXPERIMENTO

Esse experimento contribuiu para a pesquisa na medida em que propiciou ao pesquisador uma primeira oportunidade de constatar o uso do pensamento formal durante o processo de fabricação digital. Observamos que:

- A abstração de dados se fez necessária em toda as etapas do processo, seja na forma empírica, identificando, por exemplo, propriedades físicas dos materiais, como na forma reflexionante, quando o sujeito combina variáveis para obter determinado resultado no corte a laser ou agrupa formas tridimensionais básicas para obter uma nova forma.

- O raciocínio hipotético-dedutivo foi utilizado, principalmente, durante a etapa de design, em que o sujeito trabalha sobre as possibilidades da forma, dos materiais e da funcionalidade do objeto, e de testes, quando são elaboradas hipóteses para explicar os resultados obtidos.

As operações típicas do pensamento formal, com exceção da operação sobre proporções, não puderam ser constatadas nesse experimento, mas isso não significa que elas não tenham acontecido.

7 OFICINA DE CRIATIVIDADE 2

Este experimento tinha por objetivo verificar como se dava o processo criativo em um projeto *maker*. A opção pela temática dos jogos de tabuleiro se deu em função da participação de uma aluna do Mestrado Profissional de Informática na Educação do IFRS, câmpus Porto Alegre, cuja pesquisa era focada em jogos educacionais.

As atividades foram realizadas no período de 30/08/2016 a 13/12/2016 em duas turmas (3ª e 5ª feira) cada uma com 45 horas de atividades. Foram realizados quinze encontros, de três horas cada, nos quais os participantes tomaram conhecimento sobre a cultura *maker* e os FabLabs, foram capacitados para o uso dos equipamentos de fabricação digital (impressora 3D, plotter de recorte e cortadora laser) e aprenderam os fundamentos sobre o funcionamento e programação do Arduino. Além disso, os participantes aprenderam sobre os tipos de jogos de tabuleiro, as mecânicas básicas dos jogos e o sistema de recompensa e punições.

Utilizando o recurso do GoogleForms, foi realizado um levantamento do perfil dos sujeitos a partir de informações relacionadas à área de formação ou curso em que estava matriculado, experiência com uso de ferramentas do Google e ferramentas de edição de imagens, com desenvolvimento de jogos, eletrônica e programação de computadores. O formulário está disponível em <https://goo.gl/forms/60dAQWhi5QqX8ovS2>.

Dos 23 inscritos, 11 foram desconsiderados da análise de dados falta de frequência nos encontros ou por não terem apresentado o protótipo do jogo ao final da oficina ou por não terem feito os registros nos portfólios ou porque os registros feitos não ofereciam as informações necessárias para análise. Assim, a análise de dados se deu a partir dos dados fornecidos pelos participantes, cujos nomes originais foram trocados por nomes fictícios, conforme se observa no Quadro 5.

Quadro 5 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 2

Identificação	Idade	TOFP	TOFC	TOFLP	Curso ou Área de Formação
Angelo	27	Formal	Formal B	Formal	Bacharel em Administração de Empresas com ênfase em Gestão de T.I. Aluno do curso técnico de Redes de Computadores
Bruna	21	Pré-formal	Formal A	Concreto Superior	Aluna do curso superior de Sistemas para Internet
Carla	36	Formal	Formal A	Concreto Superior	Pedagoga com pós-graduação em Educação
David	42	Formal	Concreto Superior	Concreto	Técnico em eletrônica e engenharia de controle e automação.
Elias	17	Formal	Formal B	Formal A	Aluno do curso Técnico de Mecatrônica
João	43	Formal	Concreto	Formal A	Bacharel em Física e aluno do curso superior de Sistemas para Internet
Luiz	25	Formal	Formal B	Formal B	Aluno do curso superior de Processos Gerenciais
Miguel	37	Formal	Formal A	Concreto Superior	Bacharel em Comunicação Social – Publicidade e Propaganda
Noé	21	Formal	Formal B	Formal A	Aluno do curso superior de Sistemas para Internet
Oto	38	Formal	Formal A	Formal A	Bacharel em Artes Visuais
Peter	19	Pré-formal	Concreto	Concreto Superior	Aluno do curso superior de Sistemas para Internet
Rejane	50	Formal	Formal A	Formal A	Licenciatura em Artes Plásticas

Aos participantes do experimento foi dada a tarefa de criar um jogo de tabuleiro. Para isso organizaram-se em grupos de 3 ou 4 componentes observando que a formação do grupo deveria ser o mais multidisciplinar possível. Considerando que a maioria dos participantes não tinha qualquer conhecimento sobre criação de jogos, foi necessário realizar atividades e construir instrumentos que auxiliassem a planejar os jogos que os grupos iriam desenvolver.

Começamos com uma exposição sobre os tipos de jogos de tabuleiro, as mecânicas básicas dos jogos (regras de 1º e 2º nível) e o sistema de recompensa e punições. Em seguida, trouxemos jogos de diferentes tipos para que os participantes experimentassem. Foi solicitado que, após jogarem, eles registrassem informações sobre o jogo em uma ficha. No encontro seguinte falamos sobre o processo de criação de um jogo, destacando a importância dos protótipos e da avaliação contínua. A partir disso, os grupos passaram a projetar os jogos que iriam criar. Para isso foi criado um instrumento inspirado no sistema de Canvas para auxiliar no projeto.

O primeiro protótipo do jogo foi criado com o auxílio da cortadora laser usando papelão e materiais recicláveis (Figura 14). Decidimos que as ferramentas de fabricação digital seriam apresentadas conforme os projetos fossem evoluindo ou por solicitação dos participantes. Assim foi que, após a construção do protótipo em papelão, os participantes foram apresentados a impressão 3D, pois esse era um recurso para a criação de peões (Figura 15), dados e outros elementos físicos do jogo.



Figura 14 - Protótipo feito em papelão



Figura 15 - Protótipos dos peões feito em plástico usando a impressora 3D

Um dos grupos da turma de 5ª feira tinha planos de acrescentar recursos eletrônicos ao seu jogo e, por isso, pediram para que fosse realizada uma capacitação para o uso e programação do Arduino. Como ambas as turmas mostraram interesse no assunto, decidimos então dedicar uma tarde da oficina para uma atividade introdutória de montagem de circuitos básicos com LEDs e resistores, e programação utilizando a ferramenta Scratch for Arduino (S4A).

7.1 ANÁLISE DE DADOS

O processo criativo observado corrobora o que fora escrito por Borges e Fagundes (2016) sobre o processo de criação das inovações: a existência de momentos bem definidos em que, ao final de cada um, sempre era apresentada uma melhoria no projeto. Considerando a pergunta “como se cria um jogo de tabuleiro?” como o ponto de partida das atividades realizadas, os participantes passaram pelas etapas abaixo descritas.

7.1.1 Conhecer

Nessa etapa os participantes receberam informações sobre os tipos de jogos, os mecanismos, e o processo de design dos jogos. Sobre isso, Angelo registrou em seu portfólio:

“No segundo momento do encontro a professora Miria contou um pouco a respeito de sua pesquisa de mestrado e falou um pouco sobre a história dos jogos de tabuleiros, dando exemplos de jogos milenares como o Jogo Real de Ur pertencente a civilização Suméria, o Jogo Senet do antigo Egito além do precursor do Xadrez entre outros. Logo após foi comentada a diferença entre os tipos de jogos tradicionais e modernos, onde se dão principalmente pela questão de que os tradicionais são os que se desenvolveram ao longo do tempo, tornando-se de domínio público como Damas, Xadrez e Gamão. Já os modernos são os jogos criados por algum autor ou equipe como por exemplo War, Detetive, Catan entre outros.

A professora Miria conceituou a definição de o que é um jogo e explicou sobre as etapas e conceitos para a elaboração do design de um jogo e as formas a qual a interação lúdica são inseridas em um jogo, sendo elas denominadas como Agôn (referente à competitividade), Alea (interação baseada na chance, sorte ou aleatoriedade), Mimicry (simulação ou interação lúdica do faz de conta) e Ilinx (Vertigem), onde todas podem ser utilizadas em um mesmo jogo porém devem ser estudadas de forma a se manterem harmonizadas umas com as outras com o intuito de tornar o jogo mais dinâmico e instigante de modo que os jogadores não caiam na monotonia e vejam o mesmo de maneira chata e repetitiva.”

Luiz registrou também:

“Indo para o contexto da criação de games, falamos sobre jogos que conhecíamos em comum e sobre jogos que conhecíamos que talvez as outras pessoas do grupo ainda não conhecessem. Lembrei-me de um jogo diferente que minha mãe ensinou a mim e meus irmãos, o jogo do tigre e dos cães. Uma espécie de jogo de caça, com bastante estratégia e com algumas similaridades ao jogo de damas também”

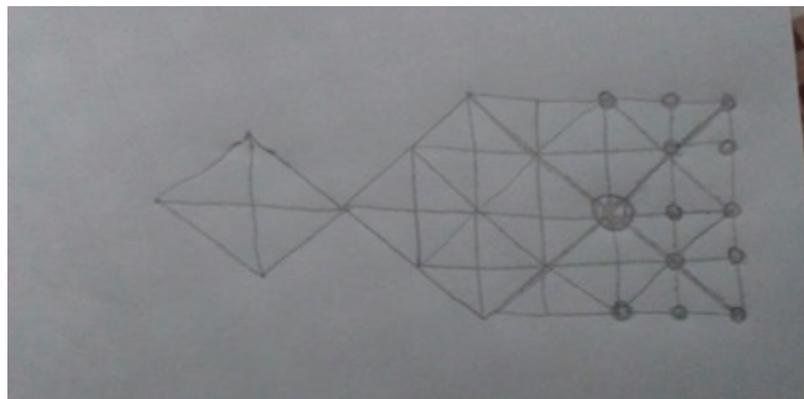


Figura 16 - Rascunho do jogo Tigre

É interessante destacar que Luiz registra sua preocupação em buscar detalhes sobre o jogo, adiantando, de certa forma, a etapa seguinte.

Pesquisei durante a semana as origens desse jogo. Em alguns lugares do Brasil é chamado de jogo da Onça... Eu o conhecia por Tigre. Seu nome e suas peças dependem dos animais e dos costumes da região onde é jogado, podendo ser chamado de jogo do Puma, da Raposa, Senhor Feudal e Camponeses, etc. O jogo, proveniente da Índia, espalhou-se pelo mundo. No Brasil era um jogo comum em diversas tribos indígenas, antes mesmo da chegada dos portugueses. É um jogo simples, mas ao mesmo tempo, exige muita atenção e estratégia dos jogadores."

Em seguida ele registra os objetivos do jogo, as regras de movimentação dos jogadores, o que determina quem ganha e quem perde e estabelece conclusões, comparando com outros jogos.

"O jogo é simples como um jogo de dama ou jogo da velha, mas traz momentos que exige grande concentração e o uso de estratégia para salvar suas cabras, ou fugir com seus tigres."

7.1.2 Compreender

Nessa etapa os participantes puderam experimentar diversos jogos (Figura 17) e compreender como os mecanismo (Agôn, Alea, Mimicry e Ilinx), regras e sistemas de recompensas e punições haviam sido implementados no do jogo.



Figura 17 - Jogos de tabuleiro que foram experimentados

Sobre esse dia de atividades, Miguel registrou em seu portfólio:

"No segundo encontro focamos em exercitar jogos de tabuleiro disponíveis no POA Lab e trazidos pelos participantes, com objetivo de conhecer as dinâmicas e formatos de jogo, para que fosse possível realizar registros de funcionamento para uso futuro. ... Verificou-se de

maneira geral que os jogos exercitados (Catan, Quarriors, X-Wing) apresentam regras básicas de operacionalização com uso de cartas, formas de pontuação com o uso de dados, elementos quantitativos (x dinheiros, x coisas) que são acumulados ou perdidos em função de aspectos qualitativos (o menor poder, o que tem mais cartas), elementos de desenvolvimento do jogo em si (a cada rodada pode fazer uma operação, tirar cartas, comprar, vender, atacar, defender, ganhar ou não pontos/benefícios em função do resultado da jogada etc) e elementos surpresa que afetam o jogo/jogadores de acordo com a sorte, além disso todos os jogos permitem que o jogador "adote" uma estratégia"

Sobre os jogos citados por Miguel, ele registra em seu portfólio parte das informações solicitadas sobre os jogos experimentados. Abaixo o registro sobre o jogo Star Wars X-Wing (Figura 18).



Figura 18 - Jogo Star Wars X-Wing

Nome do jogo: Star Wars X-Wing

Tema do jogo: Guerra nas estrelas

Objetivo principal: Destruir nave inimiga

Objetivos de curto prazo: Mover-se de forma que se proteja da mira do inimigo e possa atacá-lo

Mecânica básica do jogo: Seletor circular de ações indicam como se moverá no quadrante de jogo (não tem tabuleiro)

Regra básica: Todos selecionam seus movimentos e a nave de menor poder inicia a rodada executando os movimentos escolhidos que são mostrados por todos a todos

Regras de 2º nível: Ao se posicionar ambos competidores jogam os dados indicando ações de ataque/defesa

Recompensas e punições: Tipo de nave indica em carta quais funções pode recorrer

*Quem ganha e quem perde: Ganha quem tiver a outra nave na mira /
Perde se a nave for destruída
Existe algum jogador que é eliminado da partida? Se perde é
eliminada“*

A partir desses dois dias de atividade, em que os participantes puderam conhecer diferentes jogos e compreender como eles funcionam, eles passaram então a etapa de criação dos seus jogos.

7.1.3 Criar e Testar

Várias propostas foram apresentadas através do Canvas para Jogos de Tabuleiro. A Figura 19 apresenta o quadro criado pelo grupo 1, onde foram registradas as primeiras ideias sobre um jogo em que o tema seria “Os primórdios do Rio Grande do Sul”.

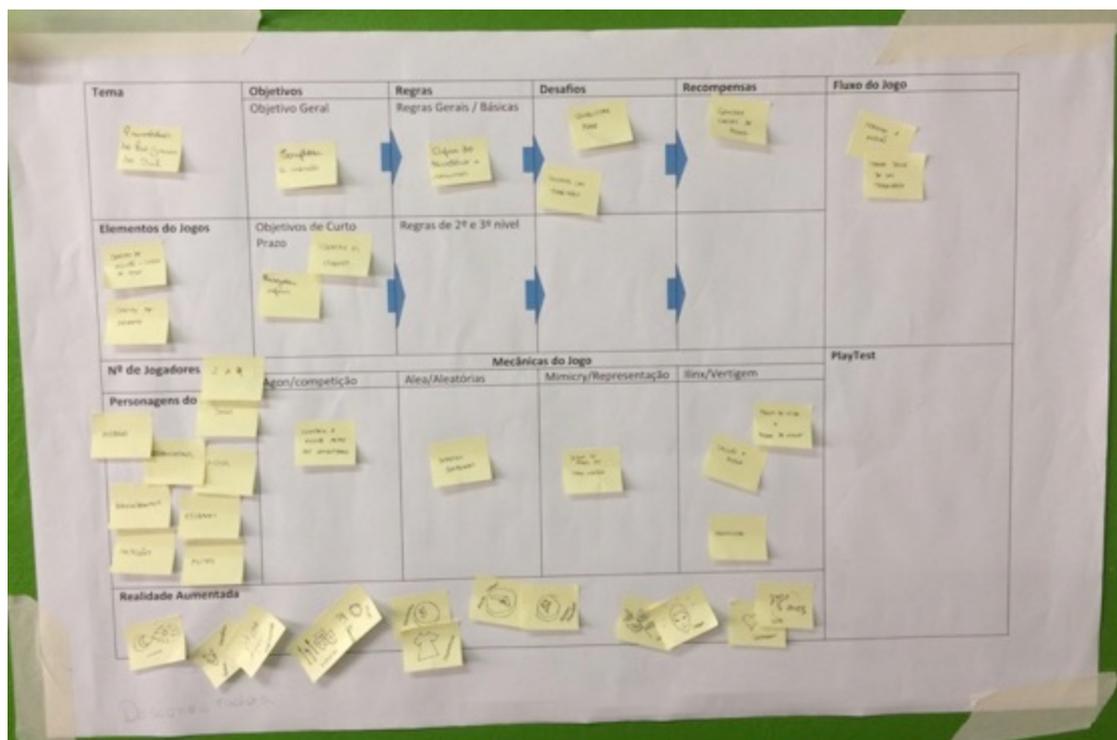


Figura 19 - Canvas criado pelo grupo 1

Sobre esse projeto, Rejane registrou:

“Decidimos:

- *Jogadores - personagens: Os Nobres; Os Bandidos; Os Índios; Os estancieiros; Os artesões; Os Mitos; pensei ainda, em casa, nos Escravos com mais um personagem e os Bandidos podem ser os Bandeirantes (???)*

- *Territórios - dividindo, em 6 ou 7 regiões, o Mapa do RS: 1- mais ao sul - a produção de alimentos - território dos Estancieiros; 2- no litoral - a proteção das leis e exércitos - a Nobreza; 3- ao centro - o comércio, o dinheiro - dos Artesões; 4- no Oeste - a região mais curativa, a Natureza - dos Índios; 5- No norte - a Magia protetora e amaldiçoadora - dos Mitos; 6- no Noroeste, o comércio ilegal dos Bandidos, incluindo armas; talvez possamos colocar o 7- no Sudeste o território dos Escravos, com o poder da libertação quilombola e armas diferentes;*
- *Como objetivo geral - a defesa do próprio território e resgatar os reféns já postos em outros territórios no início do jogo; como objetivos específicos, cumprir a missão sorteada na carta inicial; objetivos secundários: conquistar poderes dos outros territórios para defender o seu próprio e cumprir os pequenos desafios das conquistas a serem sorteadas nas cartas (cartas de objetivos curtos);*
- *Nos enfrentamentos ou no cumprimento de desafios, o jogador utilizará as cartas de poderes que ganham ao entrar em determinado território ou ao cumprirem os desafios;*
- *Não haverá uma trilha única, mas trilhas diversas onde cada jogador percorre segundo escolhas nas encruzilhadas; haverá um dado para saber quantas casas andar.*
- *A lógica será conquistar a missão sorteada, sem que os outros saibam;*
- *Os mitos utilizados serão os brasileiros, em especial, os gaúchos ou próximos - o jogo tem função educativa na relação da conquista do território gaúcho, dos mitos da cultura local e da habilidade de desenvolver estratégias individuais para ganhar o jogo.*

Ao longo dos encontros, enquanto os tabuleiros, peões, cartas, dados e outros elementos físicos dos jogos eram criados, os mecanismos dos jogos iam sendo ajustados conforme o resultado dos testes com protótipos. Bruna registrou sobre isso:

“Neste dia mostramos aos colegas qual a ideia e o mapa que eu desenhei do nosso jogo e eles nos ajudaram a pensar em outras coisas que podemos melhorar no projeto...”

Nós testamos o jogo - eu fiz uma missão para cada um de nós e improvisamos as peças com pedaços de madeira que estava no lixo - e vimos que estava faltando alguma coisa, pois ele estava muito sem graça, então tivemos a ideia de usar bloqueios, onde cada jogador vai ter um número x de peças que serão os bloqueios para poder atrasar e bloquear o caminho dos oponentes. Eu pensei em fazer essas peças de bloqueio todas do mesmo tamanho e digamos que cada jogador terá 4 ou 5 peças, ele vai poder usar a hora que quiser mas só vai valer por duas ou três rodadas durante o jogo inteiro. As peças que cada jogador vai usar para jogar pensamos em fazer em formato de cone mesmo, mas com cores diferentes.

Os 3 tipos de dados que pensamos vão ser:

- 1 dado vai definir a quantidade de casas que o jogador vai andar (de 1 a 6);
- 1 dado vai indicar a direção que ele vai andar (Norte, Sul, Leste, Oeste, X = ele não anda nenhuma casa ou ** = o jogador vai poder escolher como quer andar);
- 1 dado com opções do que fazer com as peças que o jogador precisará pegar ao longo do jogo (que vai estar indicado nas missões de cada carta) as opções são: Pegar, Comprar, Trocar e Roubar as peças (se o jogador escolher roubar ele vai ter uma penalidade: caminhas metade dos números que saírem nos dados).

Pensamos em colocar uma ponte caso o jogador fique “preso” perto da lagoa do mapa do RS e para ele sair dessa posição, e só vai ser possível se ele der algo em troca (não pensamos ainda o que seria essa troca).

Interessante notar, nesse caso, que foram criados dois protótipos antes da versão final: o desenho em papel (Figura 20) e outro feito em papelão com o auxílio da cortadora laser (Figura 21).

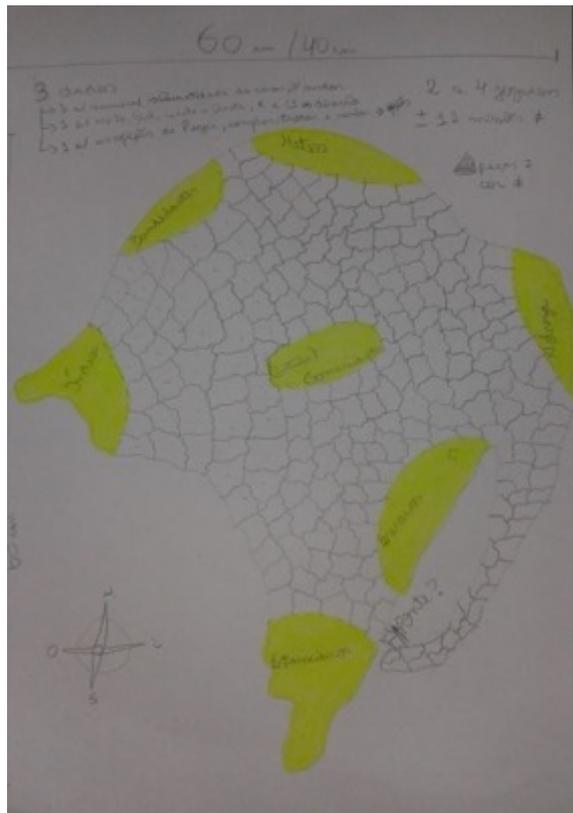


Figura 20 - Protótipo em papel



Figura 21 - Protótipo em papelão, marcado com o auxílio da cortadora laser

Sobre os testes com esse segundo protótipo, Bruna registrou

“Já descartamos a ideia de um dos dados, o de ter que pegar peças, vamos usar só os outros dois, um vamos fazer no S4A e outro no display se der certo. As peças serão feitas na impressora 3D e o resto na cortadora a laser.”

Destaca-se, nesse trecho, a intenção de explorar o uso do Arduino, programado com o auxílio do ambiente Scratch for Arduino (S4A), para simular um dado. Entretanto, o grupo decidiu que, para conseguir terminar o jogo dentro do prazo teria que abrir mão desse recurso e, de forma a manter a ideia de um jogo de tabuleiro com uma interface de software, decidiu por criar QR Codes que, quando lidos por um aplicativo instalado no celular, levaria a uma página web que apresentaria uma das lendas gaúchas. Sobre isso Bruna registrou:

“Simone pesquisou sobre alguns folclore e achou um site com 7 das principais lendas gaúchas (<http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/geral/cidades/pagina/sete-lendas-gauchas.html>) e como nosso mapa terá 7 regiões, pensei que cada uma dessas regiões poderia ter uma lenda, as missões vão ter sempre uma história relacionada com os nossos mitos, por exemplo, 1 - Você recebeu uma notícia urgente de um amigo perdido na região oeste do RS. Sua missão é resgatá-lo com a habilidade do Mito “Negrinho do Pastoreio”. Vá ao porto de partida (Porto Alegre). Descubra como capturar esta habilidade (achar coisas perdidas) e resgate seu amigo no ponto central da região bandeirante!”

O registro a seguir mostra como os processos de criação e testes são dependentes um do outro. Rejane nos mostra que esses processos ocorriam em paralelo, tanto em relação as regras do jogo, quanto aos materiais a serem utilizados na sua fabricação.

“Hoje testamos corte e gravação no couro! ficou muito bacana, os parâmetros da cortadora a laser foram os mesmos para corte e gravação de MDF, porque a espessura do couro era de 3mm, a mesma do MDF usado como comparação.

Ainda tivemos de trabalhar mais no mapa e testamos uma última vez no papelão.

No próximo encontro iremos gravar no couro e tingir o que for necessário. Levei um retalho de couro para casa afim de testar materiais diferentes para colorir sem perder o estilo envelhecido”

Ao final dos quinze encontros, o grupo apresentou o jogo da Figura 22:



Figura 22 - Versão final do jogo do grupo 1

7.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EXPERIMENTO

Apesar de não ser o objetivo principal do experimento, pode-se, através da observação, identificar as principais características do pensamento formal em ação. Tomaremos, como exemplo, o caso de Elias.

Graças ao uso da abstração, Elias conseguiu desenhar o tabuleiro, tanto do ponto de vista superior (Figura 23) quanto lateral (Figura 24). As noções de invariância, conservação de substância, volume e peso são características do nível operativo. No entanto, a manipulação de perspectivas só é possível em um nível operativo mais avançado (nível formal), quando o sujeito é capaz de imaginar todas as relações possíveis entre ele e o objeto, sem manipulá-lo fisicamente.

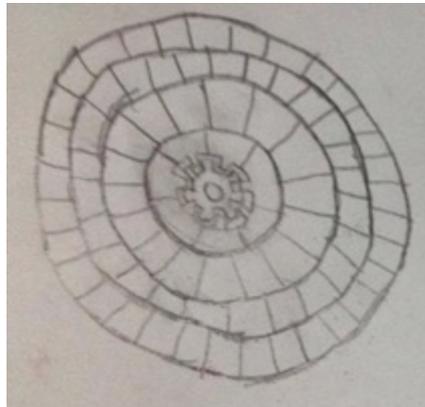


Figura 23 - Vista superior

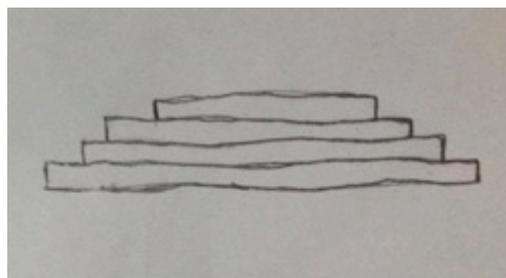


Figura 24 - Vista lateral

Ainda com relação ao tabuleiro, Elias escreveu em seu portfólio

“Foi definido que o tabuleiro terá 4 níveis de engrenagens. No centro, haverá um tipo de engrenagem que será acoplada a um motor controlado pelo Arduino. Esta engrenagem central será responsável pelo movimento vertical do tabuleiro. Ele será conectado às engrenagens de cada nível do tabuleiro ”.

Nesse trecho, encontramos a elaboração de uma possibilidade sobre a construção do tabuleiro, com detalhes como o número de andares, o tipo de

mecanismo ser usado e a tecnologia que ajudará a controlar o movimento, sem manipular fisicamente o objeto. A partir de Inhelder e Piaget (1976) identificamos nesse trecho um exemplo do “materialmente possível”, o qual os pesquisadores definem como “aquilo que o sujeito sabe que pode efetuar ou construir, mesmo que não o faça efetivamente” (p. 195) e complementam dizendo que

a função causal do materialmente possível é, na realidade, o comportamento hipotético, o que permite que o sujeito ultrapassa o que percebe ou concebe, com crença no real, para caminhar na direção do que pode ser concebido, sem decisão atual quanto à sua verificação (p.197)

Em seu portfólio Elias registrou também, como resultado de um estudo sobre os tipos e o funcionamento das engrenagens, uma tabela organizando as principais informações obtidas. O Quadro 6 apresenta uma amostra dessa tabela.

Quadro 6 - Amostra da tabela criada por Elias

Tipos de Engrenagens	Número de Dentes	Modulo
Cilíndrica	12	4
Planetaria	10	4
Planetaria	12	4
Interna	24	4
Interna	36	4

Para elaborar esse quadro, John usou a abstração para generalizar e apresentar os dados relevantes como uma tabela e metacognição para elaborar a estratégia de pesquisa utilizada. Quando perguntado por que o número 4, como módulo das engrenagens, ele respondeu: “*daria um bom tamanho de dente que seria menos provável de quebrar*”, o que confirma o uso do raciocínio hipotético-dedutivo.

O caso de Elias nos ajudou, também, a desenvolver um estudo sobre o uso do pensamento computacional no desenvolvimento de projetos de fabricação digital, o qual consta publicado em Borges, Menezes e Fagundes (2017).

Sobre o método de trabalho adotado nessa oficina, concluímos que:

- oficinas com carga horária muito grande tendem a ter um maior número de desistências, mesmo que a temática seja de grande interesse do grupo.

- a presença de um especialista na temática escolhida ajuda no desenvolvimento dos projetos, a medida em que esse atua como consultor para as questões técnicas.
- a prototipação em papel mostrou-se muito eficaz para a elaboração, rápida e com baixo custo, de uma versão do jogo através da qual as regras e os sistemas de recompensa e punições pudessem ser testados e ajustados.
- o conteúdo sobre Arduino precisaria ser trabalhado em uma oficina a parte, pois é necessária uma carga horária maior que permita realizar mais atividades de experimentação dos recursos oferecidos pela plataforma.

8 OFICINA DE CRIATIVIDADE 3

Este experimento tinha por objetivo avaliar as contribuições das atividades de fabricação digital para o desenvolvimento do pensamento formal. Para isso foram realizados oito encontros, de quatro horas cada, no período de 09/10/2017 a 27/11/2017, nas dependências do POALab. Participaram onze alunos matriculados no 1º semestre de cursos técnicos ou superior tecnológicos do IFRS, campus Porto Alegre. O Quadro 7 apresenta o perfil dos sujeitos inscritos.

Quadro 7 - Perfil dos participantes da Oficina de Criatividade 3

Identificação	Idade	Curso em que está matriculado	Possui outra formação ?
Bianca	23	Técnico em Biblioteconomia	Letras
Eliana	24	Sistemas para Internet	Engenharia civil
Fabiola	36	Técnico em Biblioteconomia	Não
Giovana	31	Técnico em Biblioteconomia	Não
Julia	29	Sistemas para Internet	Técnica em artes gráficas. Cursou até o 5º semestre de engenharia química
Marcus	50	Sistemas para Internet	Técnico eletricista no exército
Mirian	20	Técnico em Biblioteconomia	Não
Pilar	51	Técnico em Biblioteconomia	Não
Pamela	21	Sistemas para Internet	Não
Paulo	24	Sistemas para Internet	Metade do curso de Bacharel em Ciências Militares
Silvia	19	Técnico em Biblioteconomia	Não

As atividades da Oficina de Criatividade 3 foram conduzidas conforme a Arquitetura Pedagógica para Aprendizagem em *Makerspaces* Educacionais criada como parte dessa pesquisa de doutorado (ver seção 5.2.3).

8.1 DESCRIÇÃO DA OFICINA SOB A PERSPECTIVA DA APAME

Partindo da pergunta “como funciona um barco a vela?”, iniciamos um primeiro ciclo da APAME. Através da criação de barquinhos usando sucata, propiciamos aos participantes um primeiro contato com a temática da oficina. Com exceção de Paulo e Marcus, os demais participantes nunca haviam tido a experiência da navegação a vela. Esse primeiro ciclo teve a duração de quatro horas e tinha por objetivo apresentar o processo de prototipação e fazer os participantes

pensarem sobre a importância das características dos materiais, os conceitos de física aplicados à vela e sobre os requisitos de design para a construção do barco. As atividades começaram com as duplas desenhando os barquinhos que pretendiam construir. Posteriormente foi solicitado que eles acrescentassem aos desenhos os detalhes sobre qual tipo de material pretendiam utilizar na construção de cada parte do barco. As Figuras 25 a 29 apresentam os desenhos elaborados pelas duplas.

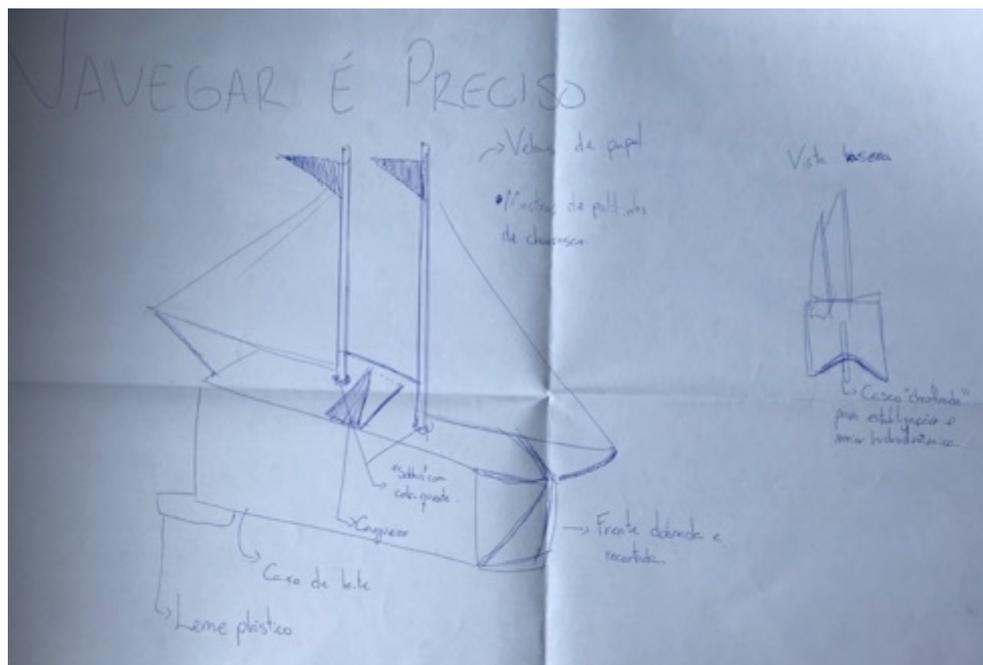


Figura 25 - Barco desenhado por Marcus e Paulo

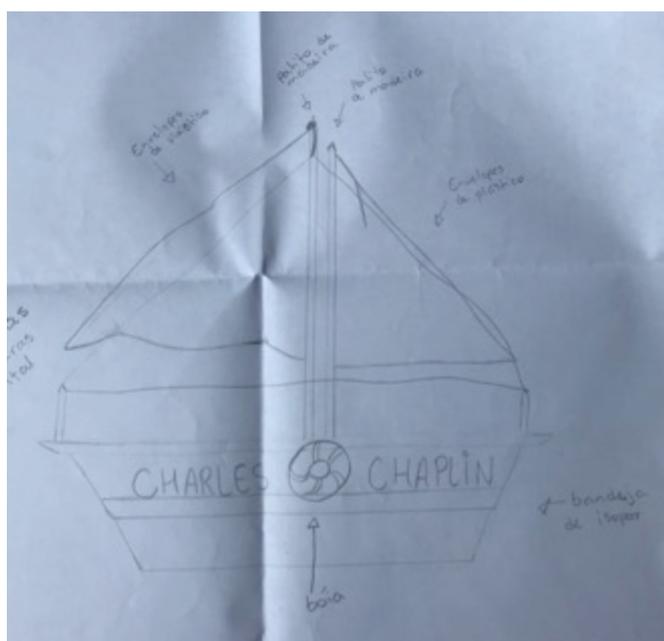


Figura 26 - Barco desenhado por Mirian e Giovana

As Figuras 25 e 26 mostram dois casos opostos. O desenho de Marcus e Paulo, elaborado antes da construção do barquinho, mostra o mesmo em perspectiva, com as vistas lateral e traseira. Já o desenho de Miriam e Giovana só foi elaborado depois do barquinho já ter sido construído. Apesar da simplicidade do desenho, nos chama a atenção o fato de elas terem usado a espessura da linha para diferenciar as duas velas mais a frente (linha de contorno mais grossa) da grande vela por trás dessas (linha de contorno mais fina). O desenho de Eliana e Júlia (Figura 27) mostra versões do barco com velas triangulares e quadradas, com vista lateral e frontal, com a marca da linha da água e detalhes como bandeira e vigia. Esses detalhes, assim como o uso da perspectiva e as diferentes vistas observadas no desenho de Marcus, mostram a capacidade de abstração dos sujeitos.



Figura 27 - Barco desenhado por Eliana e Júlia

Pamela e Silvia também fizeram o desenho do barco (Figura 28) depois dele pronto, mas conseguiram incorporar elementos que demonstravam a aplicação da perspectiva. Pilar e Fabíola, apesar de terem elaborado o desenho antes da construção do barco, só conseguiram adicionar a vista superior também depois do barco pronto (Figura 29).

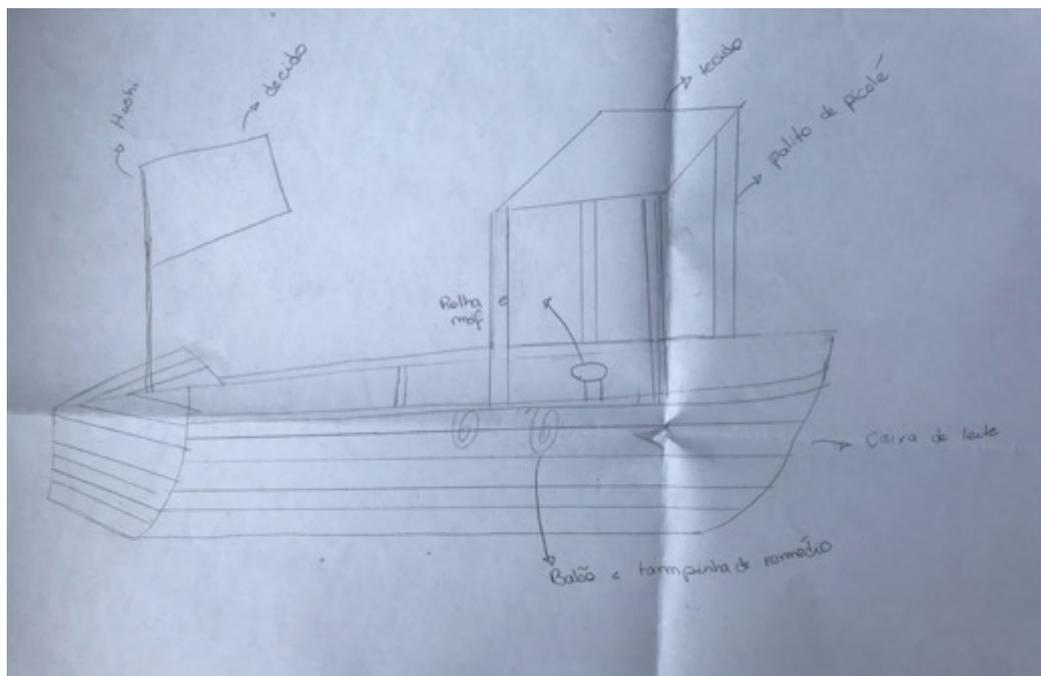


Figura 28 - Barco desenhado por Pamela e Silvia

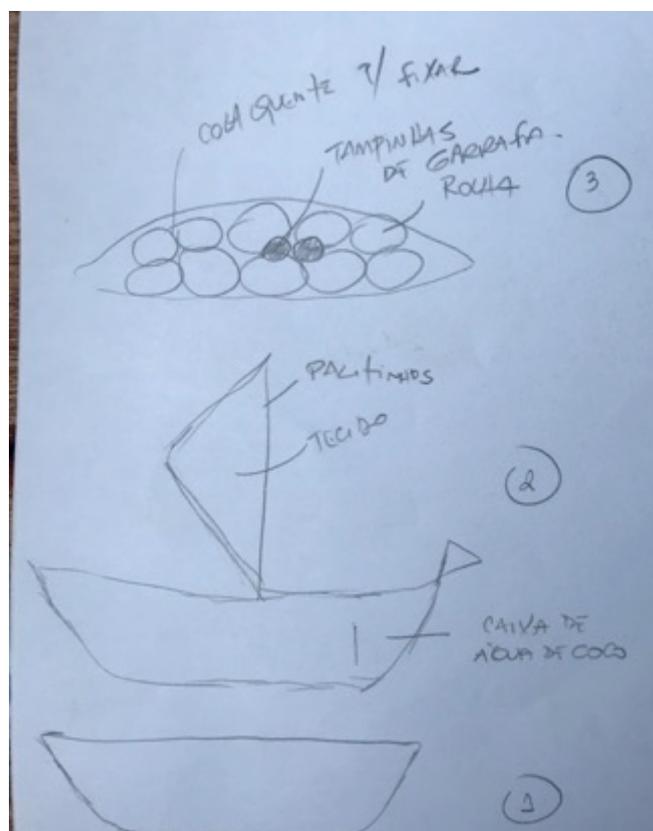


Figura 29 - Barco desenhado por Pilar e Fabiola

Após a etapa de desenho, os participantes, trabalhando em duplas, construíram barquinhos usando caixas de suco, palitinhos de picolé, de churrasquinho, rolhas, isopor, retalhos de tecido, plástico, caixa de ovos, garrafa pet, entre outros. Inicialmente a construção se deu de forma empírica, cada dupla criando o seu barco a partir dos conhecimentos prévios que possuíam e com a única preocupação de que ele flutuasse. Para testar os barquinhos os sujeitos tinham a sua disposição uma calha plástica com água e um ventilador (Figura 30).



Figura 30 - Calha e ventilador usados para o teste dos barquinhos

Nos primeiros testes, os sujeitos começaram a se preocupar com o material que estava sendo utilizado. Assim, ao conhecerem melhor as propriedades de cada material, passaram a compreender o impacto que esses tinham na flutuabilidade do barco. Além disso, demonstraram entender a importância da forma do casco e do projeto das velas no desempenho do barco. Sobre isso Eliana e Marcus registraram em seus portfólios:

Eliana - No primeiro momento fizemos um barco como imaginávamos com garrafa de plástico e base plástica também, mas ele não funcionou como o esperado, ao flutuar ele caía para os lados e decidimos mudar a vela de posição. ... Mas o barco tinha uma base muito grande que fica batendo nas bordas da pista, então após várias tentativas de modificação foi decidido começar um novo barco do zero.

Marcus - Escogimos hacer un barco con dos velas para que el sea mas parecido con un barco a vela en la realidad, después percibimos que las velas no es meramente un artículo decorativo sino que influía mucho en el trayecto del barco.

Depois de modificados e, até mesmo, refeitos, os barquinhos passaram por novos testes, dessa vez, para avaliar o desempenho em relação a velocidade. Nesse momento, Paulo e Marcus perceberam que precisavam colocar uma quilha no barco para ajudar no direcionamento do barco evitando, assim, que ele ficasse batendo nas bordas da calha e, com isso, perdesse velocidade.

Propusemos, então, que cada barquinho fosse carregado com um pequeno peso e testado em relação a estabilidade e velocidade. Novamente vários barquinhos tiveram que ser modificados. Sobre isso Pamela registrou em seu portfólio:

Foi proposto depois que colocássemos uma carga, no primeiro teste o barco virou, mas ajustamos para que a carga não ficasse se deslocando e isso fez com que ela não virasse.

Ao final desse primeiro dia de atividades, fizemos um “campeonato” para ver qual era o barquinho com melhor desempenho em duas situações: com o vento soprando em uma única direção e, depois, com o vento soprando de forma irregular. Seguiu-se a isso, uma conversa com o grupo, em que explicamos que o processo que eles haviam experimentado se chamava prototipação, que nos encontros seguintes eles teriam a oportunidade de conhecer e se familiarizar com equipamentos de fabricação digital, os quais deveriam ser usados para construir um segundo protótipo de barco a vela, e que, assim como o barquinho de sucata, precisaria ser constantemente testado até atingir sua forma final. Explicamos, também, que eles deveriam refletir sobre cada encontro e, para isso, eles deveriam: escrever sobre suas experiências e descobertas em um portfólio de projeto, a ser criado usando o Google Docs e compartilhado com a pesquisadora; responder algumas questões que a pesquisadora iria registrar nos portfólios de cada um. Aos participantes foi esclarecido que as questões não tinham o caráter avaliativo e visavam, exclusivamente, a verificar como se dava o raciocínio de cada um. Essas questões e suas respostas serão analisadas na seção 8.2.

Nas três semanas seguintes ocorreu o segundo ciclo da APAME, que tinha por objetivo familiarizar os sujeitos com os equipamentos de fabricação digital (plotter de recorte, cortadora laser e impressora 3D). Na etapa de conhecer, os participantes observaram demonstrações de uso dos equipamentos e ficaram sabendo sobre o que cada máquina poderia fabricar, suas limitações e cuidados de segurança. Para compreenderem o processo de criação usando as máquinas, após

receberem instruções básicas sobre como operar cada uma, os sujeitos foram convidados a criarem coisas, de preferência, relativas a temática da oficina. É importante destacar que as peças geradas com defeito faziam com que os sujeitos voltassem às modelagens dos objetos ou às possibilidades de configurações dos equipamentos para tentar corrigir ou melhorar suas criações. Sobre o uso da cortadora laser e da impressora 3D, foram registradas oito questões nos portfólios para que os participantes refletissem e respondessem. Essas questões e suas respostas serão analisadas na seção 8.3.

Do quinto ao oitavo encontro ocorreu um terceiro ciclo da APAME. Durante essas semanas os participantes ficaram livres para criar seus barquinhos. No primeiro desses quatro encontros convidamos Marcelo Salgado, um velejador, para dar uma rápida palestra e esclarecer dúvidas gerais que os participantes pudessem ter. Ao final do encontro, o palestrante fez uma apreciação sobre os barquinhos criados com sucata, apontando melhorias que poderiam ser feitas na construção do segundo protótipo. Na Figura 31 o palestrante analisa o barquinho criado por Marcus e Paulo, discutindo os aspectos relacionados com a construção das velas.



Figura 31 - O palestrante analisando os barquinhos de sucata

Sobre esse dia, Mirian registrou em seu portfólio:

Nessa aula tivemos a presença do Marcelo Salgado, um homem que entende de barcos. Ele deu todas as explicações do que precisa ter num barco à vela e o porquê de cada coisa. Ele também avaliou os barquinhos que fizemos no primeiro dia da oficina. — Ele elogiou bastante e não criticou, só disse que não precisava de duas das três velas, só a “paraquedas” era suficiente.

Já nos foi dados todas as instruções para fazer o projeto final da oficina, o barco à vela. Ele deverá ter no máximo 15 cm e deverá conter uma peça feita na impressora 3D e uma na impressora de corte a laser.

Nesse mesmo dia pedimos que eles desenhassem os barquinhos que pretendiam criar sob, pelo menos, duas perspectivas diferentes. Podíamos, assim, começar a analisar o uso dos esquemas cognitivos. Entretanto, apenas três conseguiram realizar essa tarefa (Figuras 32, 33 e 34) antes de consultarem a internet ou mesmo de iniciarem a fabricação do barquinho.

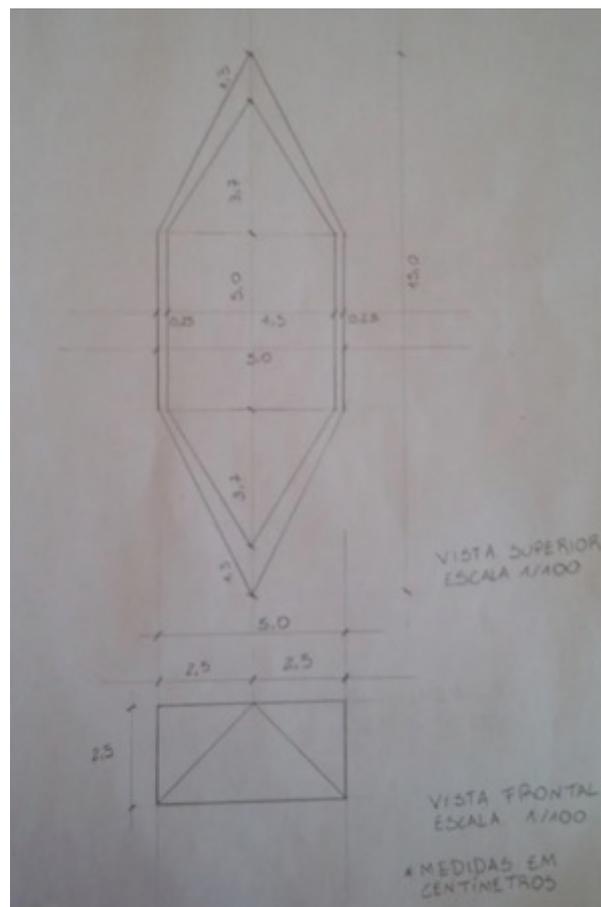


Figura 32 - Desenho criado por Eliana

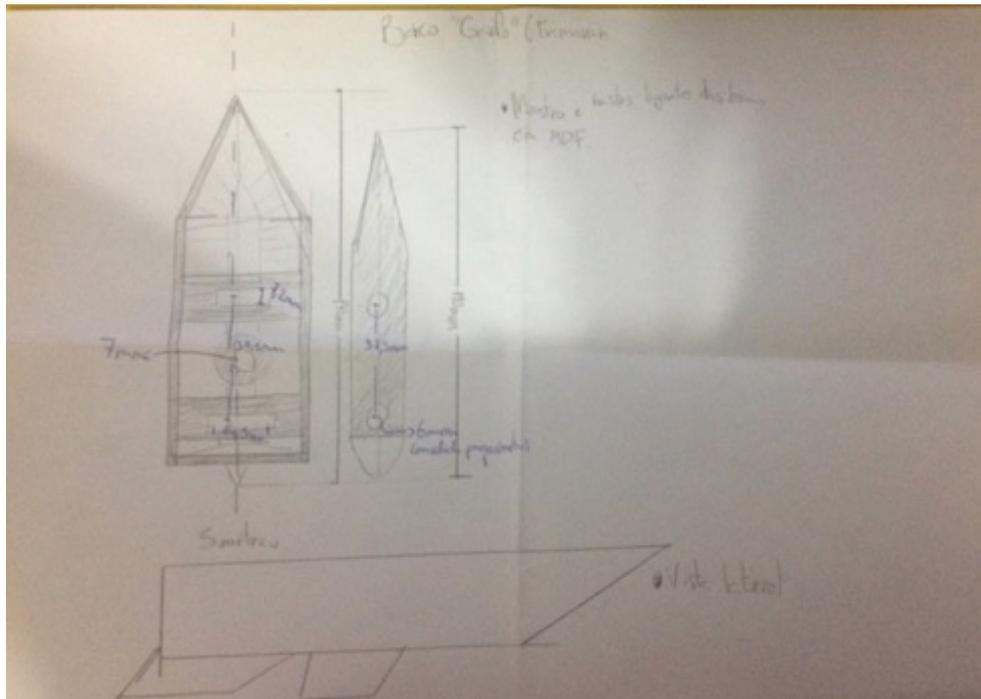


Figura 33 - Desenho criado por Pedro

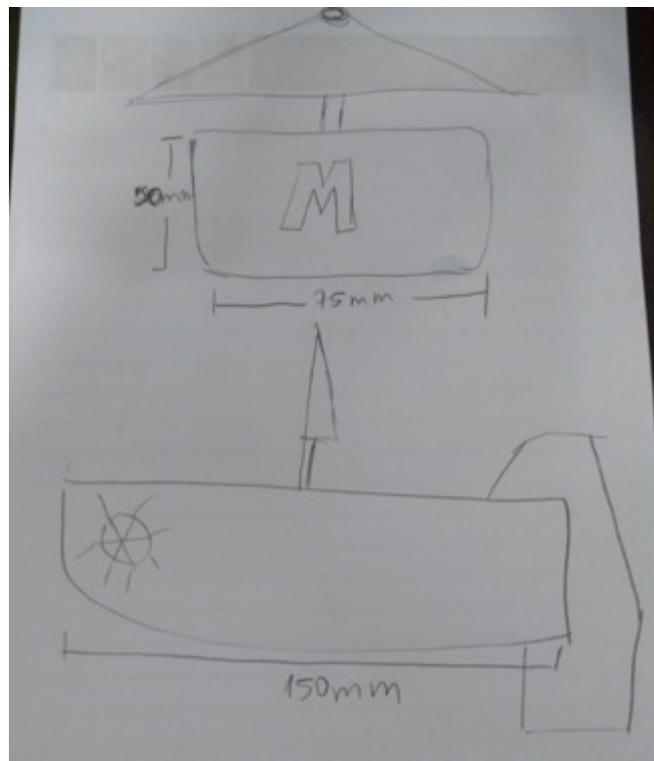


Figura 34 - Desenho criado por Júlia

Nos portfólios, postamos questões perguntando qual seria a estratégia para conduzir a construção do barco e quais materiais pretendiam utilizar, esperando assim obter dados sobre metacognição e capacidade de abstração de cada sujeito.

Na oitava semana fizemos o teste final de desempenho e velocidade dos barquinhos, conforme a prática já adotada durante a atividade com os barquinhos de sucata. Ao final do encontro postamos nos portfólios mais um conjunto de questões sobre as quais os participantes deveriam refletir. Sobre essas respostas, e os demais registros feitos pelos participantes, conduzimos a análise de dados, a qual apresentamos na próxima seção.

8.2 ANÁLISE DOS DADOS

Seguindo o método descrito no capítulo 5, especificamente em 5.2.4, foram considerados na análise de dados os sujeitos situados como Operatório Concreto em pelo menos um dos Testes Operatórios Coletivos (Quadro 8) e que tivessem realizado todas as atividades propostas pela pesquisadora.

Quadro 8 - Resultados dos Testes Operatórios Coletivos

Identificação	Idade	TOFLP	TOFP	TOFC
Eliana	24	Formal A	Formal	Formal B
Giovana	31	Concreto	Formal	Concreto
Julia	29	Formal A	Formal	Concreto
Marcus	50	Formal B	Formal	Formal B
Mirian	20	Formal A	Formal	Concreto
Pamela	21	Formal A	Pré-formal	Formal A
Paulo	24	Concreto Superior	Formal	Formal B
Pilar	51	Concreto Superior	Pré-formal	Concreto

As seções seguintes oferecem uma análise dos dados obtidos através das respostas às questões registradas nos portfólios dos participantes durante o ciclo da APAME descritos na seção anterior.

8.2.1 Questões Sobre a Experiência de Criação dos Barquinhos com Sucata

As questões para reflexão propostas pela pesquisadora foram:

- 1) O que faz com que o teu barco seja mais rápido (ou mais lento) do que o barco do colega?
- 2) Justifique a escolha dos materiais para o seu projeto
- 3) É possível que um barco maior do que o teu seja mais rápido ?

- 4) Suponha que o seu barco suporte, além do próprio peso, mais 10 Kg. Quer dizer que seu colocar 11 kg ele vai afundar?

As respostas a essas questões encontram-se disponíveis no Apêndice F desse documento. Através das respostas à questão 1 pudemos verificar a capacidade de cada sujeito de identificar as variáveis que influenciavam a velocidade do barco. Todos os sujeitos, com exceção de Paulo, apresentaram informações obtida por abstração empírica, ou seja, diretamente da observação do objeto, tais como peso, tamanho e formato do barco, material, peso, formato, posição, quantidade e estratégia de fixação das velas. Nesse primeiro momento nenhum dos sujeitos falou explicitamente em distribuição do peso, orientação da vela e direção do vento. Pilar pareceu intuir que a vela fixa prejudicaria a velocidade por não permitir ajustar a sua orientação de modo a tirar o melhor proveito da direção do vento. Além disso, não é considerada também a resistência hidrodinâmica, que está relacionada com a força da água sobre o casco. Eliana, apesar de falar no “formato do barco”, que pode aumentar ou diminuir a resistência hidrodinâmica, trouxe essa informação a partir da experimentação, a qual registrou em seu portfólio como:

Mas o barco tinha uma base muito grande que ficava batendo nas bordas da pista, então após várias tentativas de modificação foi decidido começar um novo barco do zero. Dessa vez fizemos ele com caixa de ovo, mas como ele era de papel tivemos que plastificar ele, usamos um saco de folhas cortado e fita, retiramos a vela do outro barco e colocamos no novo. Fizemos alguns testes e ele se mostrou mais eficaz do que o primeiro, não batendo nas bordas e sendo mais veloz.

Dos registros nos portfólios observamos também que Pilar e Pamela falavam sobre a disposição do conteúdo do barco, o que está relacionado com a variável distribuição de peso, mas que não citam em suas respostas. Pamela escreveu:

Quando testamos vimos que nosso barco virava, então ajustamos tirando alguns banquinhos e colocamos para o lado direito, aonde não estava virando. Assim o barco conseguiu se manter em pé.

As respostas à questão 2 também são capazes de mostrar a capacidade de abstração dos sujeitos, pois para escolher um material era necessário que o sujeito identificasse as suas propriedades (peso, resistência, permeabilidade e plástica – capacidade de ser moldado no formato desejado). Observou-se que, a maioria das propriedades citadas, foram determinadas a partir da interação física dos sujeitos com os materiais (abstração empírica). Destacamos os registros de Julia, que

apresentou a densidade como uma propriedade, estabelecendo relação direta com o peso, e de Paulo que associou o volume à superfície de contato com o vento e com a água.

As questões 3 e 4 tinham por objetivo analisar o uso do raciocínio hipotético-dedutivo. Na primeira delas, “É possível que um barco maior do que o teu seja mais rápido?”, todos os sujeitos afirmaram que sim e a maioria apresentou justificativas em função do peso. Entretanto, Marcus, Pilar e Paulo acrescentaram a importância da vela e Paulo chegou a falar no formato aerodinâmico das velas e na sua facilidade de manipulação.

Na segunda pergunta, “Suponha que o seu barco suporte, além do próprio peso, mais 10 Kg. Quer dizer que se colocar 11 kg ele vai afundar?”, é importante lembrar que um objeto só afunda se a sua densidade for maior do que a do líquido. Os sujeitos ofereceram as mais variadas respostas a essa pergunta, mas nenhum deles colocou em sua resposta, de forma explícita, a densidade do líquido. Entretanto, em uma conversa informal com o grupo ao final do encontro, quando lhes foi perguntado: “o barco na água do mar bóia mais ou menos?” Paulo disse que “*vai boiar mais por causa da densidade*”, mostrando que ele já dominava o conceito envolvido na questão.

8.2.2 Questões Sobre as Atividades de Familiarização com as Ferramentas Digitais

Os Quadros 9 e 10 apresentam as questões propostas e o objetivo de cada questão. As respostas elaboradas pelos sujeitos, encontram-se disponíveis no Apêndice F desse documento.

Em relação às questões sobre corte a laser, observamos a partir das respostas à questão “Para um corte preciso em MDF, o que precisa ser configurado corretamente?” que a maioria, com exceção de Giovana e Mirian, conseguia identificar, por abstração empírica, as variáveis mais comuns: velocidade e potência. Eliana e Pilar citaram também a espessura do material. A resposta de Pilar nos chamou a atenção pelo fato de ser a única a considerar a distância focal entre o laser e o material a ser cortado, antecipando o que seria perguntado em seguida.

Na questão 2 perguntamos “Qual a relação da distância do laser até a peça, com o resultado do corte?”. Em geral, os sujeitos relacionaram a distância do laser com a precisão (Marcus – “*a mayor distancia existiría deformación en el corte ya que*

no seria tan preciso”); com a qualidade (Paulo – “Quanto mais distante, menos foco terá o laser e mais “bruto” será o corte”) e com o efeito aplicado sobre a peça (Pamela – “ele irá só desenhar ao invés de cortar”.) Pilar, como que complementando o que havia pensando no momento de responder a questão 1, escreveu:

A relação depende dos mm da peça acho que quanto mais milímetros para cortar, mais potência terá que ser empregada e por isso precisará ficar mais afastada do material

Chamou-nos a atenção a resposta de Mirian, que trazia o conceito de ponto focal, sem que, aparentemente, ela tivesse consciência disso.

Não pode ficar muito longe nem muito perto. Muito longe espalha muito a luz do laser e pode não cortar. E muito perto o laser fica todo concentrado num pequeno espaço, e isso pode fazer pegar fogo.

Na questão 3 colocamos a seguinte situação: “Para cortar papelão de 4mm é necessário ajustar potência mínima para 40%, potência máxima para 60% e velocidade para 100 mm/s. O que você acha que poderia acontecer se diminuíssemos a velocidade para 50 mm/s?” Todos os sujeitos, com exceção de Júlia, que pareceu não ter compreendido a questão, apresentaram como resposta a possibilidade do papelão queimar. Destacamos a resposta de Pamela que também trouxe, ainda que intuitivamente, o conceito de ponto focal:

O laser vai ficar mais tempo no ponto desejável o que pode ocorrer diferença do resultado desejado, isso é, estragar o objeto

Na última questão sobre corte a laser apresentamos a seguinte situação: “Para cortar MDF a potência mínima tem que ser de 75% e a máxima de 85%. Se o MDF for de 3mm a velocidade deve ser ajustada para 26mm/s e se for de 9mm a velocidade deve ser ajustada para 5 mm/s. Explique porque a variação de velocidade”. Com exceção de Giovana e Pamela, todos os sujeitos chegaram a conclusão esperada: se aumenta a espessura, mantendo a mesma potência, então é necessário diminuir a velocidade. Pamela nos pareceu estar ainda em um processo de assimilação do conceito de ponto focal, pois ela deu como resposta:

A velocidade varia por causa que o laser não pode ficar muito tempo no mesmo ponto, dependendo do mdf, ele pode somente desenhar, ou danificar muito o objeto.

A questão 1 sobre impressão 3D perguntava “O que precisa ser configurado antes de iniciar a impressão de uma peça?”. As respostas nos mostraram que os

sujeitos não conseguiram em apenas um encontro de quatro horas dominar todas as variáveis envolvidas no processo. Aquilo que poderia ser obtido diretamente a partir da manipulação de um objeto impresso em 3D, como a densidade, ou a partir da observação da impressora em funcionamento, como a velocidade, era mais facilmente identificado. Respostas mais completas foram fornecidas pelos sujeitos que dedicaram um tempo maior, inclusive além dos horários da oficina, ao uso do equipamento. Exemplo disso, é a resposta de Eliana, que criou três cascos de barco até chegar no formato e tamanho desejado:

Precisa ser configurado de que bico extrusor vai sair o plástico, se vamos precisar de suporte para elementos que não tocam a base, a densidade que queremos na impressão.... Também pode ser acionado um sistema de resfriamento na impressora que ajuda na fixação do plástico, secando ele mais rapidamente.

A questão 2, perguntava Sabemos que a densidade do PLA é de 1,25 g/cm³. Se uma peça tem área de 10cm³: 2.1) qual será o peso dessa peça se for impressa usando PLA? 2.2) se a peça pesa 1,87 g, qual foi a % de preenchimento utilizada?”. Nenhuma das respostas para 2.1, com resultado numérico correto, considerou a possibilidade de uma resposta variável conforme a porcentagem de preenchimento utilizada. Nas respostas para 2.2, Eliana foi a única que se deu conta de que o peso inicial (calculado como resposta para 2.1) deveria considerar 100% de preenchimento. Sobre isso ela escreveu:

*$Z \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3 = 1,87 \text{ g}$, $Z=0,187 \text{ g/cm}^3$
Se $1,25 \text{ g/cm}^3$ for considerado um preenchimento de 100%, $0,187 \text{ g/cm}^3$
seria aproximadamente 15% de preenchimento.*

A questão 3 perguntava “Qual a relação da % de preenchimento com o custo de produção de uma peça?”. Julia, Mirian e Pilar conseguiram estabelecer uma relação causa-consequência entre a porcentagem de preenchimento e a quantidade de material e o tempo necessário para impressão, mas não chegaram a relacionar isso com o custo. Nenhum dos sujeitos apresentou, em suas respostas, a relação do tempo de impressão com o custo de energia elétrica, relação, essa, que derivaria de uma abstração reflexionante.

Quadro 9 - Questões apresentadas após a atividade de corte a laser

Questões para reflexão	O que estávamos buscando	Objetivos
<p>1. Para um corte preciso em MDF, o que precisa ser configurado corretamente ?</p>	<p>Identificação das variáveis potência máxima e mínima do laser e velocidade de corte, que variam conforme o tipo de material, a sua espessura e o efeito desejado (corte, gravação leve ou gravação com aprofundamento). Além disso, é necessário configurar a ordem em que os efeitos deverão ser aplicados a peça.</p>	<p>Verificar a capacidade de abstração dos sujeitos, através da identificação das variáveis que influenciam no corte a laser</p>
<p>2. Qual a relação da distância do laser até a peça, com o resultado do corte ?</p>	<p>Um raciocínio semelhante a “se o foco do laser estiver muito afastado do MDF, então é possível que não corte, uma vez que a energia do laser não ficará tão concentrada na área de corte. Talvez isso pudesse ser corrigido aumentando a potência do laser”.</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito de estabelecer uma relação causa-consequência e elaborar um raciocínio lógico</p>
<p>3. Para cortar papelão de 4mm é necessário ajustar potência mínima para 40%, potência máxima para 60% e velocidade para 100 mm/s. O que você acha que poderia acontecer se diminuíssemos a velocidade para 50 mm/s ?</p>	<p>Um raciocínio semelhante a “se reduz a velocidade, o calor gerado pelo laser aumenta no seu ponto de incidência podendo inclusive, no caso do papelão, queimá-lo”</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito de estabelecer um raciocínio lógico sobre uma situação hipotética</p>
<p>4. Para cortar MDF a potência mínima tem que ser de 75% e a máxima de 85%. Se o MDF for de 3mm a velocidade deve ser ajustada para 26mm/s e se for de 9mm a velocidade deve ser ajustada para 5 mm/s. Explique porque a variação de velocidade.</p>	<p>Um raciocínio semelhante a “se aumenta a espessura, mantendo a mesma potência, então é necessário diminuir a velocidade”</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito para usar esquemas de compensação</p>

Quadro 10 - Questões apresentadas após a atividade de impressão 3D

Questões para reflexão	O que estávamos buscando	Objetivos
<p>1. O que precisa ser configurado antes de iniciar a impressão de uma peça ?</p>	<p>Identificação das variáveis velocidade de impressão, espessura do filamento, porcentagem de preenchimento, temperatura da extrusora, necessidade (ou não) da criação de suportes para a impressão, e a necessidade (ou não) de uma base sobre a qual é criada a peça plástica.</p>	<p>Verificar a capacidade de abstração dos sujeitos, através da identificação das variáveis que influenciam na impressão 3D</p>
<p>2. Sabemos que a densidade do PLA é de 1,25 g/cm³. Se uma peça tem área de 10cm²</p>		
<p>2.1 - qual será o peso dessa peça se for impressa usando PLA ?</p>	<p>Era necessário que, antes de calcular o peso, o sujeito estabelecesse a hipótese de que, para o valor calculado, a peça deveria ter 100% de preenchimento. A partir disso a resposta seria 12,5 g.</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito de estabelecer um raciocínio hipotético-dedutivo</p>
<p>2.2 - se a peça pesa 1,87 g, qual foi a % de preenchimento utilizada ?</p>	<p>Um raciocínio semelhante a “Considerando que uma peça com 100% de preenchimento pesa 12,5g então uma peça com 1,87g deve ter sido preenchida com aproximadamente 15%”</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito para realizar operações de proporcionalidade</p>
<p>3. Qual a relação da % de preenchimento com o custo de produção de uma peça ?</p>	<p>Um raciocínio semelhante a “quanto maior a % de preenchimento, maior a quantidade de material e o tempo de impressão, o que irá impactar nos custos de material, energia elétrica e desgaste do equipamento.</p>	<p>Verificar a capacidade do sujeito de estabelecer uma relação causa-consequência, considerando que a consequência (custo) se desdobra em variáveis que não estão explícitas no problema e precisam ser elaboradas por abstração reflexionante.</p>

8.2.3 Questões Sobre Navegação a Vela

Ao final da oficina, os sujeitos receberam quatro questões para responder, elaboradas dentro do contexto da navegação a vela. As respostas fornecidas pelos participantes encontram-se disponíveis no Apêndice H desse documento. As questões apresentadas foram:

1. Qual a importância da vela no projeto de um veleiro? Responda pelo menos uma das três perguntas abaixo.
 - a) Barcos com mais velas são mais velozes? Porque?
 - b) Barcos com velas maiores são mais velozes? Porque?
 - c) O formato da vela influencia na velocidade? Porque?
2. É possível que um barco navegue em uma velocidade maior do que a velocidade do vento? Explique sua resposta.
3. Um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes. Entretanto ele sofreu um acidente e ficou a deriva, sem leme, o que irá influenciar a sua rota?
4. Analise o mapa abaixo (Figura 35), em que estão indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruza do Brasil para Portugal.



Figura 35 - Material de apoio para a atividade de combinatória

Considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis?

Esperávamos que as respostas dessas questões pudessem nos fornecer indicativos de progresso no uso do pensamento formal, visto que os

sujeitos haviam estado envolvidos com as atividades de fabricação digital durante sete semanas. Os dados obtidos com essas respostas, serviram para estabelecer um patamar de comparação a respeito dos progressos obtidos pelos sujeitos, os quais serão apresentados nos estudos de caso da seção seguinte.

8.3 ESTUDOS DE CASO

Buscamos, através da análise, pelas seguintes características do pensamento formal: capacidade de abstração, especialmente a abstração reflexionante; raciocínios elaborados a partir do levantamento de possibilidades; raciocínios hipotético-dedutivos; operações sobre combinatórias e proporções. A partir da observação das gravações de vídeo, dos registros nos portfólios individuais, e dos resultados com testes presenciais elaboramos os casos apresentados nas subseções seguintes.

8.3.1 O Caso Giovana

Giovana, 31 anos, estudante de 1º semestre do curso técnico de Biblioteconomia, apresentou, segundo a Escala do Pensamento Lógico, resultado concreto nos Testes Operatórios Coletivos relativos à lógica combinatória e à lógica proposicional. A partir desses resultados, passamos a acompanhar as atividades de Giovana, observando principalmente raciocínios que demonstrassem evoluções em direção a constituição do pensamento formal.

Durante as atividades de planejamento e fabricação do barco observamos que Giovanna começou analisando uma série de imagens obtidas através de uma pesquisa na Internet, com o objetivo de conhecer os tipos de barcos e a estrutura de um barco. Fazia parte dessa etapa do projeto, a tarefa de selecionar os materiais adequados para a fabricação das partes do barco. Por isso perguntamos a Giovana quais materiais ela pretendia utilizar. Ela respondeu *“por enquanto utilizarei a impressora 3D para o casco, quilha, popa e proa... e estou pensando ainda sobre o que farei na cortadora a laser.”* Sua resposta nos deu a entender que ela pretendia utilizar plástico para a construção do casco e da quilha do barco, mas não nos forneceu detalhes sobre que tipo de plástico (ABS ou PLA) seria o mais

apropriado, tampouco nos deu informações sobre o que pretendia utilizar para a fabricação do mastro e das velas. Isso demonstra dificuldades com a abstração de dados. A Figura 36 mostra o barquinho criado por Giovana.



Figura 36 - Barquinho criado por Giovana

Na etapa final da oficina, quando os participantes tiveram a oportunidade de testar seus barcos, perguntamos a Giovana sobre a importância da vela no projeto de um veleiro: “O formato da vela influencia na velocidade?” Ela respondeu que “*sim, o palestrante Marcelo nos falou que a vela balão é uma das mais rápidas dependendo do tipo do vento.*” Sua resposta, novamente, não nos dá indicações de uso da abstração, sendo apenas uma transmissão da informação recebida.

Em seguida perguntamos se seria possível que um barco navegasse em uma velocidade maior do que a velocidade do vento. Ela respondeu: “*Depende se o barco tiver motor e o mar estiver estável é possível sim*”. Considerando que o contexto que estava sendo trabalhado era a navegação a vela, a hipótese de uso de um motor não fazia sentido, mas ao considerar a situação do mar como um dos elementos de influência na velocidade, vislumbramos o princípio de construção de um raciocínio hipotético-dedutivo.

Ainda na linha de investigação sobre o raciocínio hipotético perguntamos: “Um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes. Entretanto ele sofreu um acidente e ficou sem leme, o que irá

influenciar a sua rota?” Giovana respondeu: “O *ajuste de direção das velas sendo empurrado pelos ventos.*” Nessa resposta Giovana apresentou indícios de uso da abstração, ao identificar alguns fatores envolvidos no direcionamento de um barco, nesse caso o vento e sua direção. Repetimos o mesmo tipo de questão durante o teste presencial.

Para esse teste, colocamos água em um recipiente de vidro e uma forminha de silicone para boiar (Figura 37).



Figura 37 - Instrumento utilizado no teste lógico

Perguntamos:

K – Se essa forminha fosse um bote salva-vidas, o que tu achas que iria influenciar na rota desse bote ? Para onde o bote iria ?

G – Quanto mais pessoas, mais pra o lado ... talvez virasse para um lado só.

K – Vamos imaginar que isso é o mar. O navio afundou e as pessoas estão dentro do bote salva-vidas. Para onde vai esse bote ? Ela vai ficar parado ou vai se movimentar ?

G – Ele vai andando com as ondas... não sei o nome.

K – De acordo com as ondas ?

G – Isso, dependendo das ondas e do vento ele vai para um lado mais do que o outro. Influência das ondas e do vento. Até porque ele não tem vela, não tem nada.

Até esse ponto não identificamos diferenças no pensamento em relação à questão apresentada nas atividades finais, pois ela seguia falando

nos fatores que determinam o movimento do barco. Decidimos, então, questioná-la sobre as possibilidades de controle sobre a rota do barco.

K – E o que a gente poderia modificar no projeto desse bote de modo a ter um controle maior sobre a rota dele ?

G – No bote ... eu acho que teria que ter o remo.

K – E tu saberias para que lado remar ?

G – Não.

K – E como seria possível saber ?

G – Uma bússola !

K – Uma bússola é uma boa ! Mas e se não tiver uma bússola, como faz ?

G – Daí eu não sei. Ia ficar perdida.

K – Nenhuma ideia ?

G – Eu pensaria no sol. Mas eu não saberia ... O sol nascendo em um lado e se pondo do outro, se eu teria que ir para o lado do sol que está nascendo ou o sol que está indo.

A resposta de Giovana, levando em consideração a posição do sol, nos levou a supor que ela, mesmo que intuitivamente, tivesse elaborado a hipótese de usar o sol como referência e, a partir disso, pudesse determinar a direção para onde remar. Concluímos, então, que Giovanna é capaz de elaborar um raciocínio hipotético-dedutivo.

A lógica combinatória também é característica do pensamento formal e, em relação a ela, constatamos progressos de Giovana ao comparar suas respostas para a questão apresentada na atividade final com aquela construída durante a sessão presencial de testes. Na primeira, postamos em seu portfólio a imagem do mapa da Figura 35, explicando que nele estavam indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruzasse do Brasil para Portugal.

A partir disso perguntamos: “considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis?” Giovana nos apresentou apenas uma rota, de forma incompleta: “*São Paulo - Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – Recife, Recife - La Palmas.*”

No teste presencial apresentamos outro problema de lógica combinatória, dessa vez envolvendo a combinação de formas tridimensionais. Mostramos a imagem da Figura 38 e dissemos que essas foram as formas básicas usadas pelos participantes da oficina para

construírem os seus barquinhos. Na primeira coluna (da esquerda para direita) encontravam-se as três formas usadas para o corpo do barco, na segunda, as duas formas usadas para o bico do barco (a proa) e à direita as duas formas usadas para a quilha.

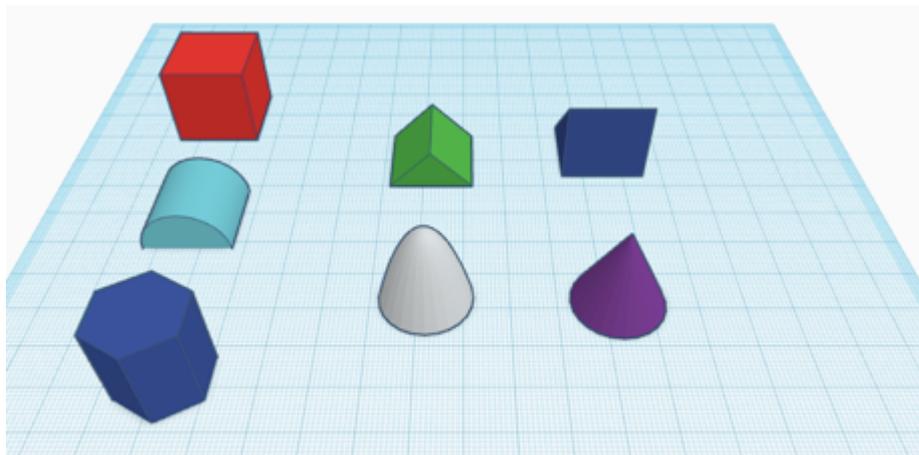


Figura 38 - Instrumento utilizado no teste presencial sobre combinatórias

Dada essa explicação, seguiu-se o diálogo:

K - Quantos modelos de barco diferentes são possíveis de serem fabricados, combinando essas formas ?

G - "Bah! ... No meu eu usei esse aqui para fazer todo o corpo (aponta para a peça número 2 da primeira coluna), e ia diminuindo um pouco o arredondamento e aí cortei ele até aqui, e aquele ali só (aponta para a peça número 1 da segunda coluna).

K - E para fazer a quilha, o que tu usaste ?

G - Eu usei um meio pronto eu acho ...

K - Ok, mas vamos supor que tu tenhas usado um desses (da terceira coluna), qual seria?

G - A borda

K - Então tu usaste três formas: o telhado arredondado, o telhado e a borda.

G - E usei o cilindro para fazer o encaixe da vela, usei o quadrado para fazer os banquinhos e usei esse aqui também (aponta para a Figura 2 da segunda coluna) para fazer a porta.

Ela começou a contar como foi difícil adaptar um projeto de escada pronta para o barquinho dela. Retomamos o raciocínio. Ela disse:

G - Tá eu usei ... tu diz combinando as formas ou independente ... ou tudo ?

K - Eu não entendi a tua pergunta.

G - Tipo assim, eu usei duas ou três para fazer o meu

K - Olha só, tu tens que escolher um para ser o corpo do barco, a proa do barco e a quilha. Quantos modelos de barco tu podes construir ?

G - Bom ... ali dá um: azul, verde e escuro dá um ...

Decidimos numerar as figuras para facilitar a identificação (Figura 39).

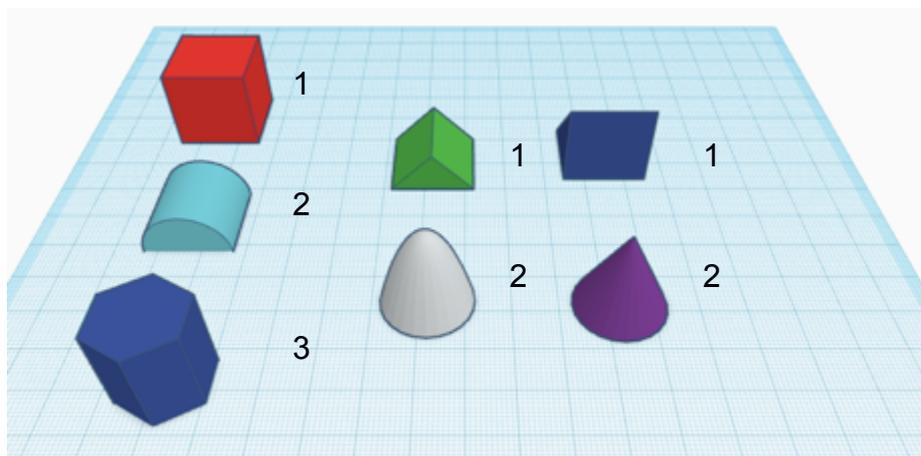


Figura 39 - Identificação das figuras através de números

Ela escreveu no papel - 1 (2 1 1)

G - 1 1 1 também. Aquele ali ... (faz uma espécie de caminho com o dedo, como que ligando as figuras e escreve 3 1 1) Tá, mas e daí não daria para combinar 1 1 1, 2 1 1, 3 1 1 ?

K - Sim

Então ela começou a listar no papel 1 2 2, 3 2 2, 2 2 2. (Figura 40)

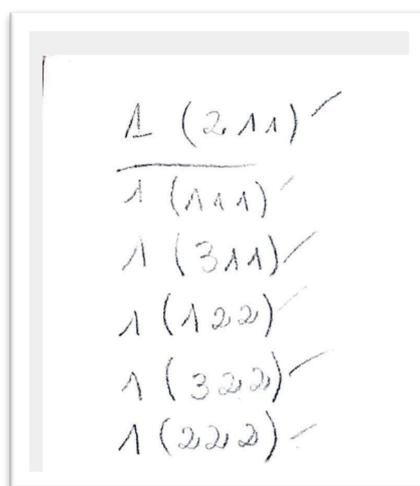


Figura 40 - Anotações de Giovana

Ela repassou as combinações fazendo os caminhos e pareceu ter dado a atividade por encerrada. Perguntamos: "Tem certeza? Ela pensou um pouco e respondeu um "sim" sem muita convicção.

K - Tá bom. Então tu vais ter 6 barquinhos?

G - Sim.

K - Tá bom.

G - No mínimo 3 ... no mínimo 6.

K - Não ... eu quero saber o valor máximo e não o mínimo. Eu quero saber o número total de barcos que dá para construir.

G - Ih ! Então dá mais porque tu pode aqui, aqui, ...quero dizer o 1 2 3.

K - Não. Tu não tens 3 peças na coluna da direita

G - Ah tá ! Então é 1 1 2, 2 2 1 .

Logo em seguida voltou a fazer confusão colocando o número 3 na combinação. Ela disse "ih ! eu não anotei". Ela voltou ao papel e disse "dá infinitamente ..." e começou a escrever as outras combinações: 1 1 2, 2 1 3, 3 1 3, 1 2 1, 2 1 2, 3 1 2 (Figura 41)

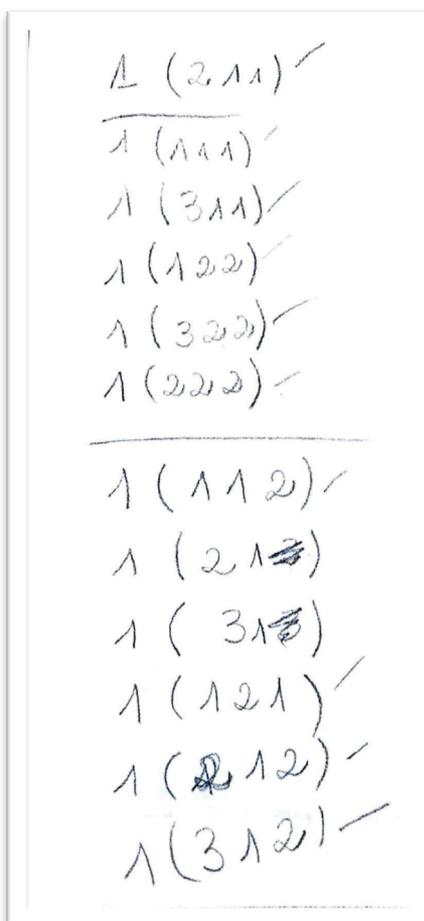


Figura 41 - Anotações de Giovana

Ela deu a tarefa por concluída e pediu para saber se as suas respostas estavam certas. Mostramos para ela que, de novo ela colocou uma peça (3) que não existia nas opções das quilhas e que faltaram duas combinações (2 2 1 e 3 2 1). Em seguida perguntamos: “então quantos modelos de barco são possíveis?” Ela contou e respondeu “doze”.

K - E se existisse uma terceira opção de quilha (chamamos de peça 3), quantos modelos poderiam ser fabricados?

Ela começou a escrever o terceiro grupo de seis elementos, mas nem terminou de escrever a primeira combinação, parou e disse:

G - “então se der mais 6 aqui... então vai dar 18. Eu pensei que se deu 6 na primeira, 6 na segunda então provavelmente vai dar mais 6 na terceira”

Nesse ponto Giovana, demonstrou perceber a “*equivalência de fatores em termos compensação, caracterizando o raciocínio hipotético, demonstrado pelo “se isso, então aquilo”*”. (DURO, 2012 p.90). Além disso, graças ao processo de abstração reflexionante, conseguiu identificar o padrão de construção das combinações e, a partir disso, determinou a quantidade de combinações possíveis. Verificamos a consistência desse tipo de raciocínio ao questioná-la sobre “quantas opções de barco serão possíveis se tivermos quatro opções de quilha”. Olhando para os números no papel, pensou e respondeu: “*Mais seis. 24 !*”

A partir do que foi exposto, Giovana, dentro do contexto da temática da oficina, demonstrou ser capaz de abstrair e de realizar raciocínios hipotéticos, de lidar com proposições e de realizar operações mentais a partir de combinatórias, configurando assim, o uso do pensamento formal. Esses elementos são importantes indicativos de que as atividades de fabricação digital são capazes de desenvolver o uso do pensamento formal.

8.3.2 O Caso Julia

Julia, 29 anos, estudante de 1º semestre do curso superior de Sistemas para Internet, apresentou, segundo a Escala do Pensamento Lógico, resultado Concreto no Testes Operatórios Coletivos relativo a lógica combinatória. A capacidade de abstração e de realizar raciocínios

hipotéticos-dedutivos é compatível com os resultados obtidos nos demais Testes Operatórios Coletivos.

Observando Júlia durante o processo de design do barco, verificamos o seu domínio sobre o processo: iniciou pesquisando na Internet, para conhecer os formatos e as partes do barco (Figura 42), em seguida desenhou o barco que desejava construir, anotando as medidas de cada parte (Figura 43), e, por último, passou para a modelagem 3D.

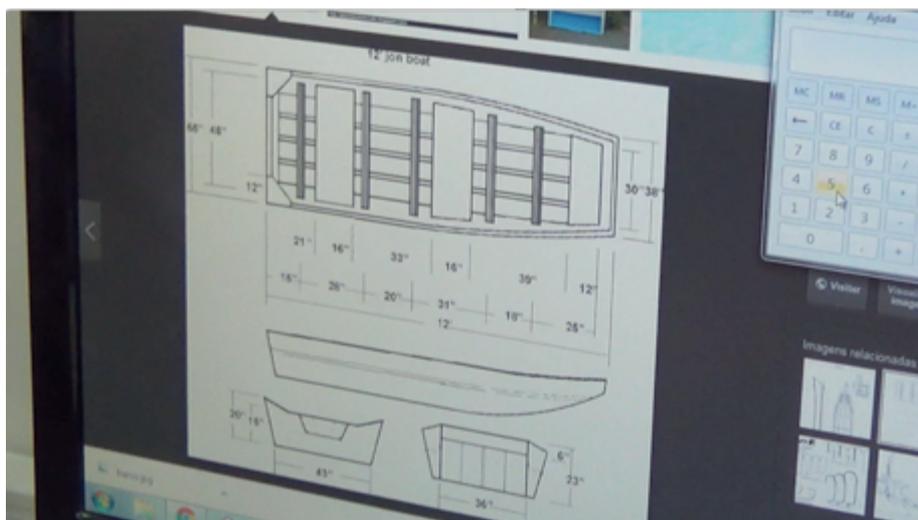


Figura 42 - Imagem obtida por Júlia através de pesquisa na Internet

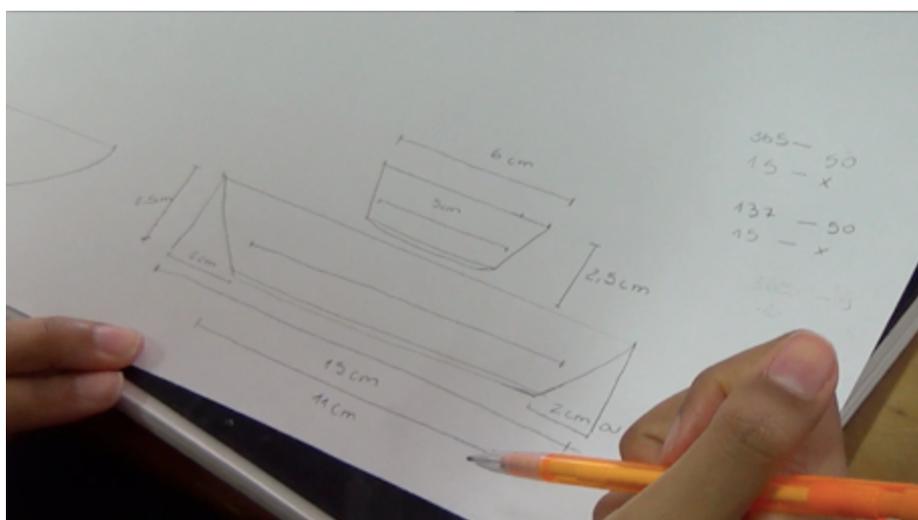


Figura 43 - Desenho do projeto do barco de Júlia

Observamos, através da Figura 43, indicativo do uso das operações de proporcionalidade através das duas “regras de três” anotadas no canto direito superior da imagem. Ainda envolvendo proporcionalidade, mas

principalmente por causa da elaboração de hipóteses, o seguinte registro de Júlia em seu portfólio nos chamou atenção:

Karen informou que o barco deveria ter 15cm de comprimento. Para tal, observando algumas pesquisas na internet, cheguei a conclusão que a largura deve ter no máximo a metade do comprimento. Pensei nisto pois devido ao fato de eu não conseguir fazer a forma do barco côncava como é de costume, penso que deva ter essa relação para que o barco não vire. Por isso defini que as medidas do meu barco seriam 15x7.5x2,5cm.

Júlia pareceu, também, não ter dificuldade com as abstrações. Quando questionamos sobre a escolha dos materiais a serem utilizados na fabricação do barquinho ela respondeu:

Escolhi o plástico PLA devido ao fato de ser leve e poder ser impresso na forma que eu desejava. Para o mastro, fiz duas opções: na recortadora a laser com mdf, e em impressão 3D. A vela será feita com tecido de sucata e amarrada com barbante, materiais mais adequados ao propósito.

Nesse trecho observamos que Júlia apresentou duas propriedades do PLA: leve e moldável, os quais foram obtidos por abstração empírica e pseudo-empírica, respectivamente. Outro indicativo da capacidade de abstração são os desenhos do barco, que representam projeções abstratas criadas a partir dos pontos de vista frontal e lateral. A Figura 44 apresenta o barquinho criado por Júlia.



Figura 44 - Barquinho criado por Júlia

Seguimos analisando o uso do pensamento formal a partir das atividades finais. Depois de testar o barquinho, Júlia não ficou satisfeita com o desempenho do mesmo, pois esse perdia velocidade ao bater nas bordas da calha. Assim Júlia cogitou a possibilidade de usar uma quilha e trocar o material da vela, usando *“uma sacola ao invés do pano, pois acho que poderia ser mais eficiente por não ser poroso”*. Sobre a vela, questionamos:

K - Barcos com velas maiores são mais velozes?

J - Embora eu achasse que uma vela maior conferia mais velocidade, não pude observar isso na prática. Acredito que são mais velozes porque recebem mais influência do vento.

K - E o formato da vela influencia na velocidade?

J - O formato da vela influencia sim, pois uma área maior fará com que a ação do vento aumente. No entanto uma vela muito grande ou muito quadrada causa desequilíbrio na embarcação.

K - Podes me explicar isso melhor ?

J - No que diz respeito a forma, a região mais próxima ao barco é que irá impactar. Por isso uma vela quadrada teria a desvantagem de as extremidades causarem mais peso do que ajudarem de fato.

Sobre a quilha ela escreveu:

J - Parti para mais um teste, no entanto não houveram alterações significativas no comportamento. Pensei em usar uma quilha ...

K - Com o quê a quilha poderia ajudar?

J - Ajudaria a dar direção e velocidade ao barco. De fato ajudou.

Em seguida perguntamos se seria possível que um barco navegasse em uma velocidade maior do que a velocidade do vento. Ela respondeu:

Sim, porque não é o vento em si que faz o barco mover, e sim a pressão nas velas, se esta pressão é constante, a aceleração também será, logo em algum momento irá superar a velocidade do vento.

Destacamos na resposta de Júlia o uso da construção “se... então”, que caracteriza um raciocínio hipotético-dedutivo. Entretanto, o mesmo tipo de raciocínio não foi observado quando colocamos a seguinte situação: “um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes, mas ele sofreu um acidente e ficou a deriva, sem leme. O que irá influenciar a sua rota?” Sobre essa situação hipotética Júlia respondeu apenas:

Ele não poderá usar a fonte de energia cujo barco se propõe, logo não terá tração, além disso, não poderá controlar a direção.

Essa resposta, aparentemente desconexa da pergunta, ocorre porque um sujeito, mesmo que operatório formal, pode enfrentar dificuldades em função da novidade e da complexidade de um determinado conteúdo, por não possuir os esquemas de assimilação necessários.

Ainda como atividade final, pedimos a Júlia que listasse todas as rotas possíveis de um barco que ia de São Paulo a Lisboa, fazendo três paradas de reabastecimento. Júlia inicialmente respondeu que haveriam 120 rotas possíveis. Pedimos, então que ela apresentasse a lista das rotas. Ela respondeu com uma relação de nove rotas, sendo que o correto seriam 10:

*SP, RJ, Salvador, Recife, Lisboa
 SP, RJ, Salvador, Tenerife, Lisboa
 SP, RJ, Salvador, Las Palmas, Lisboa
 SP, Salvador, Recife, Tenerife, Lisboa
 SP, Salvador, Recife, Las Palmas, Lisboa
 SP, Recife, Tenerife, Las Palmas, Lisboa
 SP, RJ, Recife, Tenerife, Lisboa
 SP, RJ, Recife, Las Palmas, Lisboa
 SP, Salvador, Tenerife, Las Palmas, Lisboa*

Comentamos: “Uau ! De 120 para 9 ! Mudou bastante. Como chegaste nessa correção de números?” e ela respondeu:

Havia usado o fatorial de 5 pois haviam 5 possibilidades de reabastecimento, no entanto me dei conta que não iria parar nas cinco e escrevi manualmente as possíveis rotas.

A prova presencial sobre a lógica combinatória, tirou nossas dúvidas sobre a capacidade de Júlia realizar esse tipo de operação. Mostramos a imagem da Figura 39 e dissemos que essas foram as formas básicas usadas pelos participantes da oficina para construir os seus barquinhos. Explicamos que na primeira coluna (da esquerda para direita) encontravam-se as três formas usadas para o corpo do barco, na segunda, as duas formas usadas para o bico do barco (a proa) e a direita as duas formas usadas para a quilha.

Dada essa explicação, seguiu-se o seguinte diálogo:

K - Quantos modelos de barco diferentes são possíveis de serem fabricados, combinando essas formas ?

*J – Tu queres saber as combinações é isso ?
K – É.*

Propusemos que ela numerasse as peças, para ficar mais fácil de escrever as combinações. Além de numerar, ela decidiu associar letras a cada coluna de figuras (Figura 45).

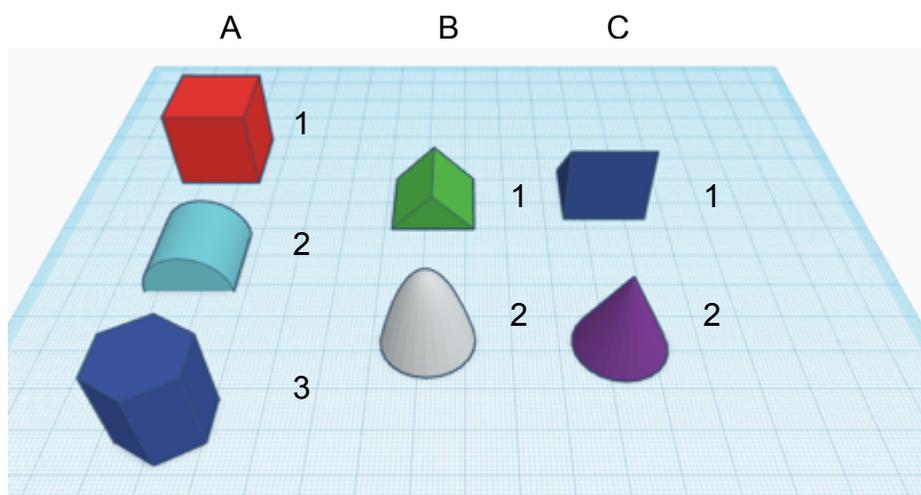


Figura 45 - Conjuntos representados por letras e as formas por números

Ela escreveu, então, as duas primeiras combinações possíveis a partir do cubo vermelho e, mesmo sem terminar de escrever as demais combinações, respondeu: “doze”.

*K – Tem certeza ?
J – Eu vou fazer um teste.*

Julia terminou de escrever as demais combinações possíveis com o cubo vermelho e confirmou: “*Sim. São 12.*” Júlia mostrou que as combinações possíveis entre B e C eram quatro e que, quando combinadas com A, davam um total de 12 (Figura 46). O raciocínio demonstrado corresponde a uma combinação de combinações, ou seja, uma operação de segunda potência, a qual é característica do pensamento formal. Seguimos perguntando: “E se ao invés de duas opções para quilha, existissem três?” Julia pensou um pouco e respondeu “*dezoito*”. Como se quisesse conferir o resultado ela fez a conta $3 \times 2 \times 3 = 18$.

A
3 x (B C)
2 x 2

<u>A₁</u>	<u>B₁</u>	<u>C₁</u>	}	4 x 2 = 12
<u>A₁</u>	<u>B₂</u>	<u>C₁</u>		
<u>A₁</u>	<u>B₁</u>	<u>C₂</u>		
<u>A₁</u>	<u>B₂</u>	<u>C₂</u>		

Figura 46 - Demonstração do raciocínio de Júlia sobre o problema da combinatória

Observa-se, aqui, outra característica do pensamento formal. “O sujeito que apresente um nível formal de pensamento, após algumas tentativas experimentais, interrompe sua ação material e passa a operar no plano das ideias” (DURO, 2012 p. 90). Ao constatarmos a capacidade de Júlia operar sobre as combinações, decidimos dar continuidade ao teste com o objetivo de verificar a capacidade de generalização das soluções. Assim, seguimos com o diálogo:

K – Ok. Tu consegues montar uma fórmula matemática para me mostrar como tu chegaste nesse número ?

J – Bom ... eu colocando aqui os três espaços de combinação, a ordem não importaria, mas... eu não poderia repetir nenhum dado. Eu penso em algo parecido com uma permutação. E aí como a agente tá fazendo uma condição de “e”, matematicamente eu multiplico essa possibilidades (2 x 2) por essa 3.

K - Ok. E se eu quisesse colocar isso no formato de uma fórmula ? Usado variáveis ...

J – Na verdade isso é uma combinação de 3 ... pra 1. Usando variáveis ? Deixa antes eu botar isso aqui, que eu pensei primeiro.

Júlia falava em voz alta enquanto resolvia a fórmula da combinatória (Figura 47) .

Então aqui eu tenho três, aqui eu tenho um e aqui a diferença. Então aqui vai ser 3x2x1, 1x2x2, continua o 3 então pensando

em uma combinação, aqui eu tenho 3 possibilidades (aponta para a coluna A), aqui eu tenho 2 (aponta para a coluna B) e aqui eu tenho duas (aponta para a coluna B).

$$C_{3,1} = \frac{3!}{1! 2!} = \frac{3 \times 2 \times 1}{1 \times 2 \times 1} = 3$$

Figura 47 - Cálculo da combinatória apresentado por Júlia

Ao completar o cálculo ela comentou:

J – Como eu tenho uma condição de “e”, eu usaria uma multiplicação. Se fosse “ou” seria uma soma... mas como uma equação mesmo ... ah ! só se eu fizesse algo assim ... pensado que um seria x, outro seria y e outro seria z - escreve $x+y+z = T$

K – Tu tens certeza de que é mais ?

J – Não ! Seria multiplicação ... porque se é “e” então é vezes.
(Figura 48)

$$x * y * z = T$$

Figura 48 - Fórmula criada por Júlia

K - Consegues me explicar porque o E é vezes ?

J - É que quando é E, pra cada uma das possibilidades da primeira variável combinamos com todas as possibilidades da segunda variável. Quando é OU, uma variável não se relaciona diretamente com a outra para gerar novas possibilidades, então somamos as possibilidades geradas por cada variável.

Observamos, pela explicação elaborada por Julia, que a equilibração do sistema permitiu-lhe desenvolver um pensamento lógico mais refinado, como o esperado de um sujeito operatório formal. Assim, a partir do que foi exposto, consideramos que Julia apresentou, ao longo das atividades da oficina, fortes indícios de uso do pensamento formal ao elaborar hipóteses, realizar abstrações, desenvolver operações mentais envolvendo proporcionalidade e combinatórias.

8.3.3 O Caso Mirian

Mirian, 20 anos, estudante de 1º semestre do curso técnico de Biblioteconomia apresentou, segundo a Escala do Pensamento Lógico, resultado concreto no Teste Operatório Coletivo relativo a lógica combinatória. Observamos uma capacidade de organização, na realização das atividades, que se destacava em relação aos demais participantes da oficina. Por exemplo, ela criou uma pasta no Google Drive para armazenar, além do portfólio, os arquivos relacionados ao seu projeto. No portfólio, seus registros eram escritos usando a cor azul, enquanto que nossas perguntas e comentários eram marcados em outra cor. Ela organizou os registros no portfólio usando, para isso, uma estrutura de tópicos, a qual facilitou bastante a localização das informações dentro do texto. Além disso, ao ser questionada sobre qual seria a sua estratégia para a realização do projeto, ela respondeu:

Primeiro vou imprimir o barco na impressora 3D com material PLA. Na impressão do barco já deixei o furo para encaixar o mastro da vela, que será o próximo passo. Em seguinte vai ser montada a vela. Logo será encaixada a tábua para tapar o buraco se ficar muito grande. Em seguida será encaixada a hélice. Se o casco do barco não der certo, vou apelar pro isopor.

Mesmo que sua resposta não apresente os passos anteriores à impressão 3D, e não contemple as etapas de teste, Mirian demonstrou ter claros os passos para a realização da tarefa, considerando, inclusive, uma alternativa para o caso de problemas com o casco do barco. Perguntamos a ela porque a opção pelo PLA, ao que ela respondeu:

Bom, eu escolhi fazer o casco do barco na impressora 3D com o material PLA porque ficaria mais bem modelado do que fazer a modelagem toda à mão com outros materiais.

Pedimos, então, que ela justificasse a escolha dos demais materiais a serem utilizados na fabricação do barco. Ela registrou:

Para o suporte da vela vou usar um palito de madeira de churrasco, porque é resistente e o suficiente para essa finalidade. Para a vela vou usar algum material leve, fino e resistente, porque acho que é o ideal.

As respostas de Mirian não nos forneceram muitos elementos para analisar sua capacidade de abstração, mas observando o desenho que fez do seu barco na etapa de design (Figura 49), encontramos indícios de um nível mais elevado de abstração: o desenho mostra o barco visto por trás e com o detalhe de uma hélice e duas quilhas.

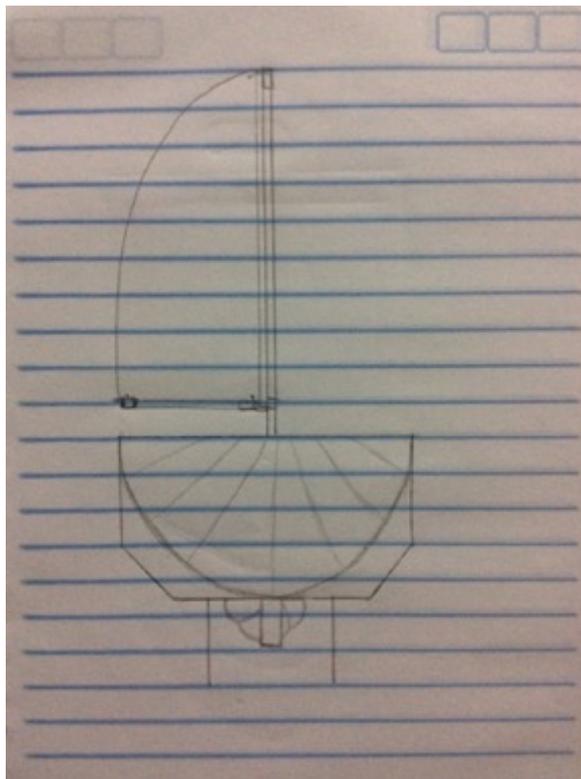


Figura 49 - Desenho feito por Mirian, do barco visto por trás

Além da representação gráfica muito semelhante com o barquinho real (Figura 50), o que nos mais chamou a atenção foi a proposta de colocar um motor e uma hélice como forma de melhorar o desempenho em relação a velocidade, e duas quilhas para melhorar a estabilidade e direcionamento do barco. Em relação ao motor e a hélice, Mirian registrou em seu portfólio o seguinte:

Em casa, fiquei tentando colocar um motor no barco. Usei um motor encontrado em controles de PlayStation 2. Tive muita dificuldade de início. Até arrebentou os fios. No fim das contas até aprendi como se solda fios, coisa que eu não imaginei que ia precisar fazer. Mas agora o motor está pronto para uso.

Sem dúvida, o projeto de fabricação do barco com duas quilhas é fruto de um pensamento reflexivo associado a uma abstração reflexionante.

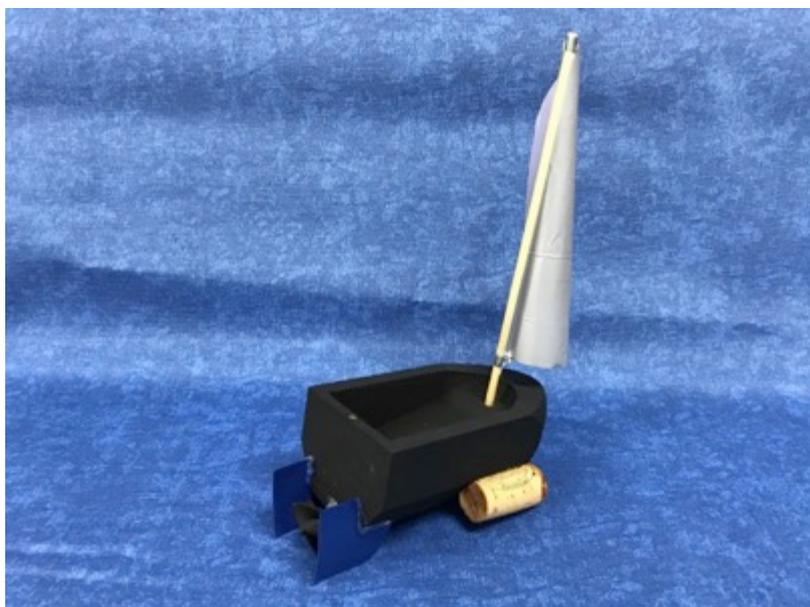


Figura 50 - Barquinho criado por Mirian

Nas atividades finais, apresentamos uma série de questões dentro do contexto da navegação, com o objetivo de colher mais informações sobre a forma de raciocinar de Mirian. Perguntamos a ela:

K - Barcos com mais velas são mais velozes?

M - Acho que depende do formato da vela. Se for daquelas velas “balão”, acredito que quanto mais delas, mais rápido fique. Mas se for das velas em formato de triângulo, não é necessário mais de uma porque uma pode atrapalhar a outra.

A resposta de Mirian apresentou um raciocínio lógico baseado na proposição “o formato da vela influencia na velocidade”. Mesmo que sua justificativa não fosse totalmente correta, foi possível observar indícios de um pensamento hipotético-dedutivo. Perguntamos em seguida:

K - É possível que um barco navegue em uma velocidade maior do que a velocidade do vento?

M - Acho que não, por causa de seu peso.

K - Você pode me explicar isso melhor ?

M - Vou reformular minha resposta. Um barco não é capaz de navegar mais rápido que o vento, porque ele se move a partir do vento, e não tem nada a ver com o peso.

Mirian não consegue, nessa resposta, identificar, por abstração, outras variáveis envolvidas na velocidade de um barco a vela, além da velocidade do vento e do peso do barco. A saber: formato, tamanho e quantidade de velas, a posição da vela em relação ao vento e a força hidrodinâmica, que é uma espécie de atrito da água com o casco do barco.

A terceira questão apresentada a Mirian foi:

K - Um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes. Entretanto ele sofreu um acidente e ficou a deriva, sem leme, o que irá influenciar a sua rota?

M - Sem o leme do barco não é possível controlar a direção dele.

K - Isso mesmo, e nesse caso o barco iria ficar parado no mesmo lugar ?

M - Não, porque o leme controla a direção. O que move o barco é a vela ou o motor.

K - Mas se ele estiver sem vela e sem motor, o que iria determinar o movimento do barco?

M - Seria conforme o vento ou as ondas do mar.

Por fim, para verificar sua capacidade de operar sobre combinações, postamos em seu portfólio a imagem do mapa da Figura 35, explicando que nele estavam indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruzasse do Brasil para Portugal. A partir disso perguntamos: “considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis?” Mirian demonstrou 9 das 10 rotas possíveis através das seguintes combinações:

RJ-BA-RE;

RJ-RE-TN;

RJ-RE-LP

RJ-BA-TN;

RJ-BA-LP

BH-RE-TN;

BH-TN-LP

BH-RE-LP

RE-TN-LP

Como Mirian havia apresentado resultado concreto no Teste Operatório Coletivo para a lógica combinatória, decidimos confirmar o resultado através de um teste presencial. Mostramos a imagem da Figura 51 e dissemos que essas foram as formas básicas usadas pelos participantes da

oficina para construírem os seus barquinhos. Explicamos que na primeira coluna (da esquerda para direita) encontravam-se as três formas usadas para o corpo do barco, na segunda, as duas formas usadas para o bico do barco (a proa) e a direita as duas formas usadas para a quilha.

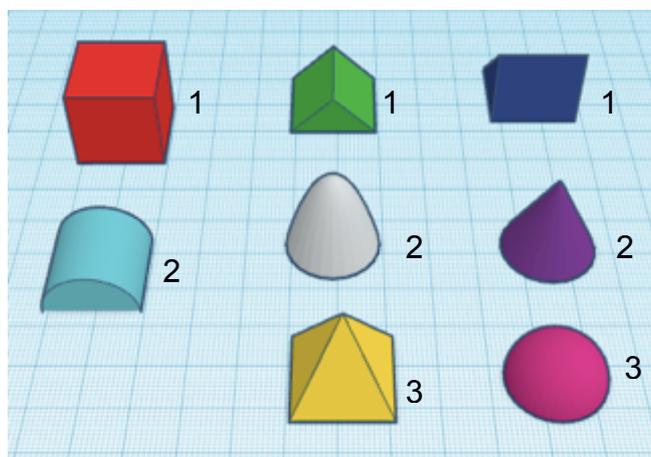


Figura 51 - Instrumento utilizado no teste presencial das combinatórias

Perguntamos:

K - Quantas opções de barco tu podes construir a partir dessas formas ?

M - Vou ter que escrever ... como eu posso fazer ? Numerar as formas ?

K - Como ficar melhor pra ti.

Mirian escreveu apenas as combinações a partir do cubo vermelho (Figura 52) e, em seguida, deu a resposta “dezoito”. Perguntamos:

K - Como tu chegaste em 18 ?

M - É que eu fiz com a peça de cima, a primeira .. do que mesmo ? O casco ?

K - Sim, o casco

M - Fiz com um e daí o outro ia ser a mesma coisa. Então eu só multipliquei por dois.

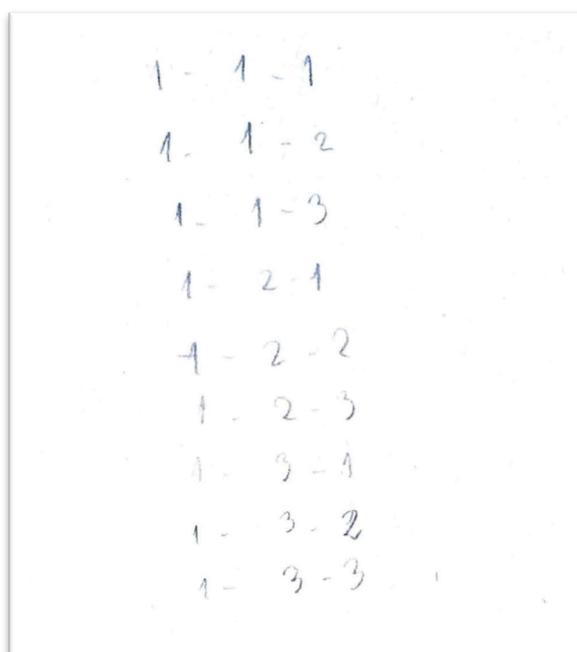


Figura 52 - Combinações apresentadas por Mirian, a partir do cubo vermelho

Seguimos perguntando:

K – Agora vamos modificar. Temos três opções de casco, duas para o bico do barco e duas para a quilha. E o barquinho pode ser construído usando PLA ou ABS. Quantas opções de barquinho podemos ter então ?

M - 24

K – Como é que tu chegaste nesse resultado ?

M – Três, dois e dois que são os formatos do casco, do bico e da quilha. Vezes, vezes dá 12. Vezes dois, que são as opções de material, dá vinte e quatro. (Figura 53)

$$\begin{array}{r}
 C \quad B \quad Q \\
 3 \cdot 2 \cdot 2 \\
 \hline
 12 \\
 \times 2 \\
 \hline
 24 \rightarrow \text{ABS e PLA}
 \end{array}$$

Figura 53 - Cálculo apresentado por Mirian

No caso de Mirian, observamos o raciocínio formal em ação através da sistematização do pensamento, na forma como ela ordena as combinações

no papel e também como explica as suas respostas, sem a necessidade de escrever as demais combinações. Além disso, identificamos indícios de uma abstração reflexionante através da generalização elaborada para calcular o número de combinações.

Aproveitando a oportunidade de trabalhar individualmente com Mirian, conduzimos com ela um teste para verificar sua capacidade de operar sobre proporções. Enchemos um recipiente de vidro com água até a marcação de 300ml e pedimos que Mirian colocasse uma forminha na água (Figura 54).



Figura 54 - Mirian durante o teste presencial das proporções

Perguntamos:

K- O que aconteceu?

M – Está boiando

K – E o nível da água?

M – Aumentou ... bem pouquinho.

K – Agora coloca mais duas forminhas. Mudou o nível da água?

M – Sim, foi para 325 ml.

K – Ok. Coloca, por favor, mais 3 forminhas. Para quanto foi o nível da água?

M – 350 ml – responde antes mesmo de colocar as forminhas na água - Coloco elas na água?

K - Coloca.

M – É.

K – E quantas forminhas tu precisas acrescentar para fazer a água chegar em 400 ml?

M – Mais seis ?

K - E quantas forminhas tu precisas acrescentar para fazer a água chegar em 500 ml?

M – 12 ... não, perai, perai, chegar em 400 a partir disso que eu já tenho ou do início, dos 300?

K – tu que escolhes.

M – Ah ! Partindo dos 300 é isso aí mesmo que eu falei.

K – Então só para deixar claro, partindo dos 300 ml tu precisas de quantas forminhas para chegar em 400ml?

M – 12

K – E para chegar em 500 ml?

M – Mais 12, seriam 24.

K – Agora vamos supor que a água está em 500mls, com esse tanto de forminha que tu me falaste, quantas forminhas tens que tirar para chegar em 433 ml?

M – Não sei ... 4?

K – Como você chegou nesse número?

Mirian pegou a calculadora do celular e dividiu 50 por 6 e o resultado foi 8,3. Em seguida dividiu 100 por 12 e novamente o resultado foi 8,3. Então ela comentou: *“cada forminha aumenta 8,3 ml”*. Ainda com a calculadora multiplicou 8,3 por 8 e o resultado foi 66,4. Em seguida subtraiu 66,4 de 500, obtendo como resultado 433,6, e deu a sua resposta final: *“Precisa tirar 8 forminhas pra ficar com 433 ml. Acho que essa resposta tá mais certa”*. Mirian demonstrou conseguir estabelecer uma relação matemática de primeira ordem quando afirma que *“cada forminha aumenta 8,3 ml”*, mas chega a resposta final por aproximação e não através de uma relação de segunda ordem, que poderia ser expressa, por exemplo, através de uma regra de três. A partir disso, e considerando os resultados de Mirian nos demais testes, acreditamos que ela está em processo de construção dos esquemas do pensamento formal.

8.3.4 O Caso Paulo

Paulo, 24 anos, estudante de 1º semestre do curso superior de Sistemas para Internet, apresentou resultado Concreto Superior, conforme a Escala do Pensamento Lógico, no Teste Operatório Coletivo referente à lógica proposicional. É importante destacar, no caso de Paulo, que ele é um entusiasta dos esportes náuticos.

“embora não tenha tido a chance de aprender a velejar (ainda)... então o tema não podia ser melhor”

Por isso, Paulo já possuía algum conhecimento sobre os tipos de barcos, as marés, os ventos, etc. Isso poderá ser observado nos trechos que iremos transcrever a seguir como, por exemplo, quando lhe perguntamos sobre qual seria a sua estratégia para a realização do projeto, Paulo trouxe o termo “flutuabilidade” em sua resposta:

Desenhar o casco em 3D, já que o material plástico tem flutuabilidade melhor. Fazer mastro e partes que ligam em MDF e a vela de sacola plástica.

Chamou-nos a atenção, a sua constante preocupação em verificar os resultados obtidos como, por exemplo, na Figura 55, que mostra Paulo conferindo as medidas do casco do seu barco (modelo trimaran¹⁵), criado com o auxílio da impressora 3D.



Figura 55 - Paulo conferindo as medidas do casco do barco

Reparamos também, que o casco do barco que aparece na Figura 55 é muito semelhante ao que Paulo havia desenhado antes de iniciar a sua fabricação (Figura 56), o que mostra que a tarefa foi planejada previamente.

¹⁵ **Trimaran** ou Trimarã é uma embarcação com três cascos: dois cascos mais finos situados de um lado e de outro de um casco central. (Wikipedia)

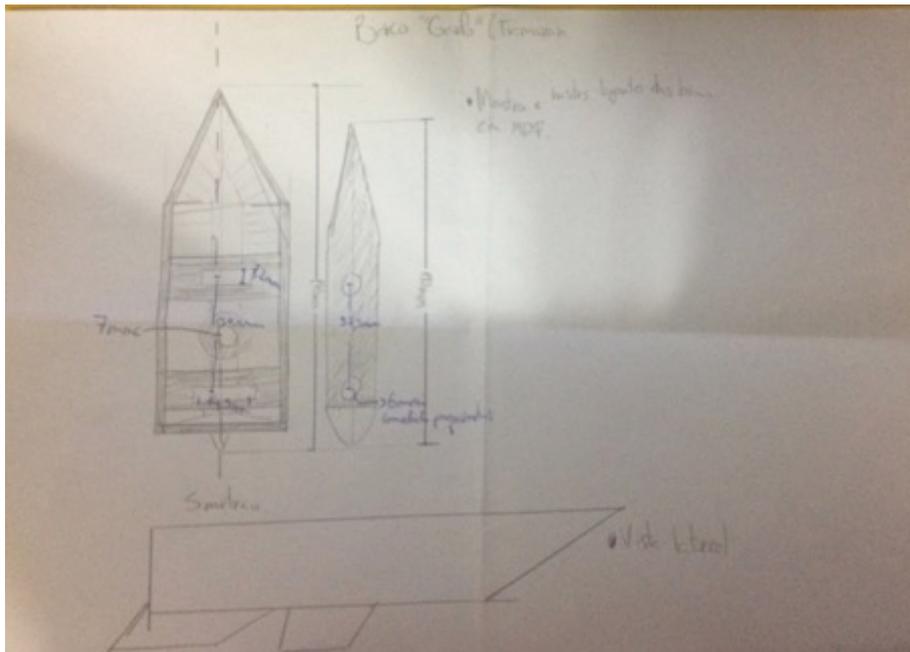


Figura 56 - Desenho do projeto do barco de Paulo

A Figura 56 mostra o projeto do barco, com a vista superior de dois cascos do trimaran e a vista lateral. Observamos que o desenho traz detalhes como o local de encaixe da vela e dos suportes de ligação dos cascos. Esses detalhes são indicativos da capacidade de abstração reflexionante de Paulo. Contudo, não observamos o mesmo nível de detalhamento na justificativa apresentada para a escolha do material. Sobre isso Paulo escreveu:

O PLA seria pela flutuação, enquanto os outros são pela leveza e funcionalidade.

Durante a atividade de modelagem e impressão 3D, nos chamou a atenção o formato de barco escolhido por Paulo (Figura 57). Quando questionado sobre essa escolha ele justificou dizendo que:

A forma de trimaran foi pensada para dar uma maior estabilidade no barco, haja visto que a quilha não pode ser muito grande (devido a profundidade da calha de teste).

Identificamos na resposta de Paulo um raciocínio lógico baseado na hipótese de que, em função da pouca profundidade do canal onde o barco iria passar, o aumento no número de cascos poderia compensar a pouca estabilidade oferecida por uma quilha de pequenas dimensões.

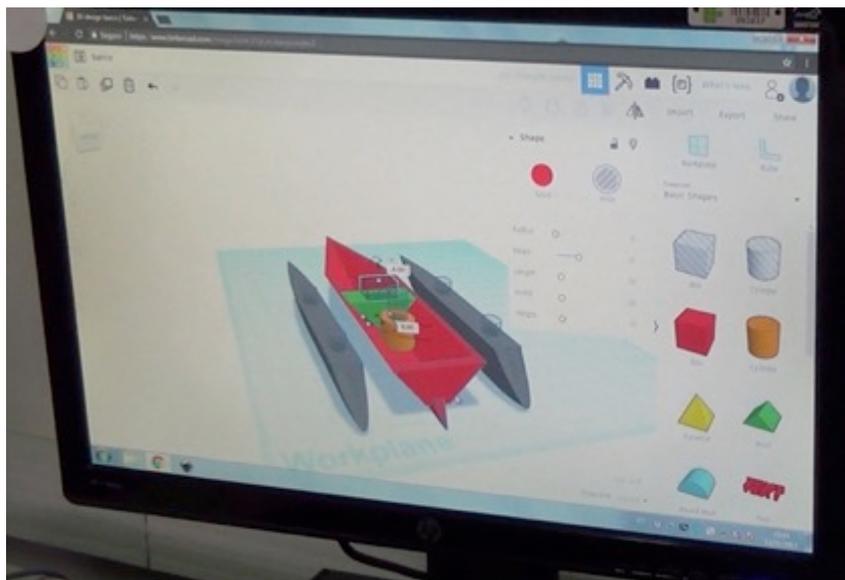


Figura 57 - Modelagem 3D do trimaran de Paulo

Paulo registrou em seu portfólio a imagem dos cascos sendo impressos (Figura 58) e sobre ela, ele escreveu:

Os cuidados que tomei na impressão foram o de imprimir ele de cabeça para baixo, para otimizar a impressão, gastando menos PLA para a base, e usando preenchimento de 15%, para que ele fique mais leve e também mais rápido de ser impresso.



Figura 58 - Casco do barco de Paulo sendo impresso

A partir do que Paulo registrou, identificamos sua capacidade em estabelecer correlações, ou seja, a interdependência entre duas ou mais variáveis, as quais, nesse caso, são: porcentagem de preenchimento de PLA, quantidade de material, tempo de impressão e peso da peça plástica. Segundo Inhelder e Piaget (1976) a correlação só é possível porque o sujeito já consegue operar sobre proporções e combinatórias. A Figura 59 mostra o barquinho criado por Paulo.



Figura 59 - Barquinho criado por Paulo

Para avaliar sua capacidade de realizar operações e combinatórias postamos em seu portfólio a imagem do mapa da Figura 35, explicando que nele estavam indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruzasse do Brasil para Portugal. A partir disso perguntamos: “considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis?”. Paulo respondeu corretamente:

São 10, sendo elas:

SP→RJ→Bahia→Recife→Lisboa

SP→RJ→Bahia→Tenerife→Lisboa

SP→RJ→Bahia→La Palmas→Lisboa

SP→RJ→Recife→Tenerife→Lisboa

SP→RJ→Recife→La Palmas→Lisboa

SP→RJ→Tenerife→La Palmas→Lisboa

SP→Bahia→Recife→Tenerife→Lisboa
SP→Bahia→Recife→La Palmas→Lisboa
SP→Bahia→Tenerife→La Palmas→Lisboa
SP→Recife→Tenerife→La Palmas→Lisboa

Ainda como parte das atividades finais, apresentamos as seguintes questões:

K - Barcos com mais velas são mais velozes?

P - Existe uma relação de peso a mais por adicionar mais velas e também em aumentar a estrutura do barco para que suporte a força do vento nas velas. Não necessariamente um número maior de velas fará um barco mais veloz, mas sim sua geometria.

K - Barcos com velas maiores são mais velozes?

P - Sim, porque consegue “captar” mais vento.

K - O formato da vela influencia na velocidade?

P - Sim, porque o ar tem que empurrar e fluir. Uma vela quadrada frente a uma em delta captura mais vento, porém direciona ele com menor eficiência.

K - É possível que um barco navegue em uma velocidade maior do que a velocidade do vento?

P - Sim. Aliando uma hidrodinâmica boa e uma vela que tenha uma área onde o vento exerça muita força, com a aceleração constante acaba sendo possível.

Essa sequência de respostas de Paulo, demonstra que o mesmo já possuía algum conhecimento sobre a navegação a vela, como havíamos comentado no início dessa seção. Seguimos perguntando:

K - Um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes. Entretanto ele sofreu um acidente e ficou a deriva, sem leme, o que irá influenciar a sua rota?

P - Será a intensidade do vento e as correntes marítimas.

A partir dessa resposta desenvolvemos um diálogo com Paulo, com o objetivo de explorar mais a sua capacidade de elaborar raciocínios sobre uma situação hipotética.

K - Considere que esse barco, após ficar a deriva, naufragou. Você, como passageiro, embarcou em um bote salva-vidas que possuía um par de remos. Para que lado você remaría?

P - Eu consideraria os ventos alísios, que compõem um padrão de circulação de ar na atmosfera terrestre, na esperança de que isso contribuísse com a corrente marítima. Ou seja, se eu

estivesse entre 0° e 30° de latitude, remaria sentido Oeste. De 30° a 50°, Leste.

K - E como tu saberias a latitude aproximada da localização do bote?

P - Pela inclinação do sol.

K - E como tu medirias a inclinação do sol?

P - Me basearia com o sol mais na vertical possível, julgando ser 12h... E analisaria a sombra projetada de algo... Como meu braço, por exemplo.

As respostas de Paulo nos mostram como ele cria possibilidades de solução para o problema apresentado. Segundo Piaget (1985) os possíveis são resultados da imaginação e, por isso, fruto de uma abstração reflexionante. Assim, e considerando o que foi exposto, concluímos que Paulo é capaz de operar formalmente.

8.3.5 O Caso Pilar

Pilar, 51 anos, estudante de 1º semestre do curso técnico de Biblioteconomia, apresentou, segundo a Escala do Pensamento Lógico, resultados Concreto Superior no Teste Operatório da Lógica Proposicional e Concreto nos Testes Operatórios da Lógica das Proporções e da Lógica Combinatória.

Pilar demonstrou ter conhecimento das tarefas a serem realizadas, as quais listou como: *“Escolher materiais; juntar os materiais; construir o barco; testar o barco; documentar.”* Além disso, chamou-nos a atenção, o fato de Pilar estar constantemente testando materiais. Exemplo disso foi quando, ao cogitar a possibilidade de construir o barco usando MDF, Pilar resolveu molhá-lo para verificar se poderia ser invergado e, assim, moldado conforme desejado. Nessa situação identificamos a elaboração de hipótese, que é indício de uso do pensamento formal. Sobre isso, Pilar comentou:

Isso foi um teste que eu fiz para saber se ele ficaria flexível, daí eu molhei mas ele quebrou.

Ainda nessa etapa de projeto do barco, notamos que Pilar elaborou desenhos do casco do barco a partir de diferentes perspectivas, todos com as medidas daquilo que deveria ser construído. A Figura 60 mostra, além dos desenhos, um molde em papelão que Pilar criou para ter certeza do tamanho do casco e, sob o caderno, o pedaço de MDF que ela usou no teste

anteriormente descrito. Chamou-nos a atenção que, mesmo tendo uma abstração suficientemente desenvolvida para desenhar o casco do barco e suas diferentes vistas, Pilar ainda precisava do suporte do modelo em papelão para certificar-se do tamanho que o casco iria ter. Isso era um indicativo de que Pilar encontrava-se em processo de transição do concreto para o formal.

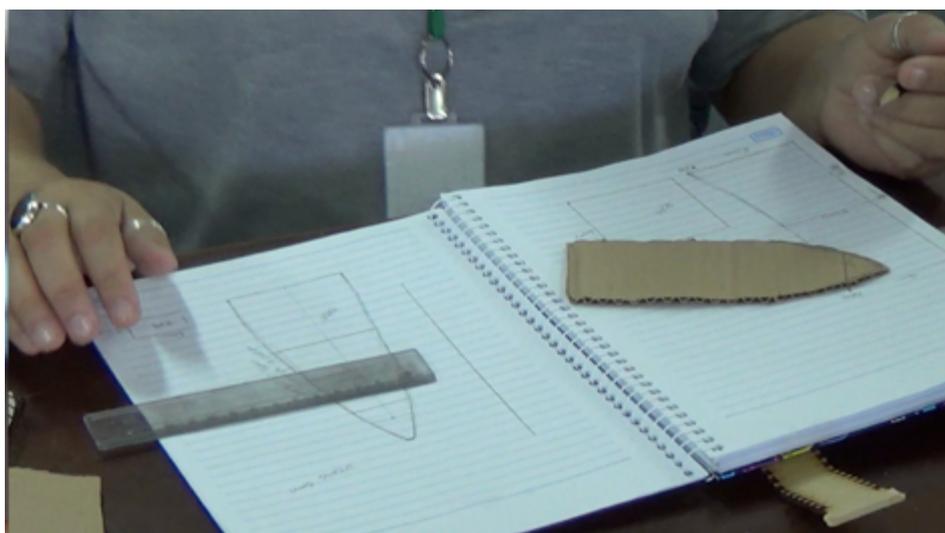


Figura 60 - Desenhos do projeto do barco de Pilar e o modelo em papelão

Perguntamos a Pilar sobre quais materiais que pretendia utilizar na fabricação do barquinho. Ela respondeu:

Entre a escolha dos materiais pensei no casco, em madeira, pensei, caso seja uma madeira permeável, que usaria algo para impermeabilizá-lo. O leme e a quilha poderia ser em madeira cortados com a cortadora a laser. Para as peças impressas em 3D pensei no mastro e algum conector. Para a vela pensei num poliéster.

Quando questionada sobre a escolha do poliéster como tecido para a vela, ela respondeu:

porque, ao ser bastante impermeável, a água escorreria e não ficaria na vela, não deixaria a vela mais pesada e ao mesmo tempo é um tecido leve.

Essa resposta acrescentou mais uma propriedade à vela, além da leveza, que é a permeabilidade do tecido. Ao contrário da leveza, que pode ser identificada pelo simples toque, a permeabilidade do tecido não é uma

propriedade que possa ser identificada através da percepção. É uma propriedade que é atribuída ao objeto através da abstração reflexionante, especificamente a pseudo-empírica. A Figura 61 apresenta o barquinho criado por Pilar.



Figura 61 - Barquinho criado por Pilar

Nas atividades finais, também pudemos constatar a elaboração de abstrações através da pergunta “Qual a importância da vela no projeto de um veleiro? O formato da vela influencia na velocidade?”. Pilar respondeu:

Acredito que pelo formato da vela o barco possa ser mais veloz pois pode aproveitar melhor o impulso dos ventos.

Ao dizer que a vela tem um formato e que esse pode influenciar no desempenho do barco, Pilar acrescentou uma terceira propriedade a vela, obtida graças a abstração reflexionante. Segundo Picetti (2008), a medida que o sujeito passa do operatório concreto para o formal, aumentam o número de abstrações reflexionantes, e as respostas de Pilar comprovam isso.

O uso do pensamento hipotético-dedutivo também pode ser verificado nas atividades finais da oficina, quando lhe perguntamos se seria possível que um barco navegasse em uma velocidade maior do que a velocidade do vento. Pilar respondeu:

Acredito que sim pois se somarmos o impulso que a vela dá para o barco, teríamos que somar a aerodinâmica da embarcação então acho que poderíamos ter uma velocidade maior que a velocidade do vento, assim como, se direcionamos a vela, de certa forma podemos frear a ação do vento.

Perguntamos a Pilar sobre o que ela entendia por aerodinâmica, o que ela respondeu como “o formato que tem que possibilita ou não o deslocamento”. Identificamos na resposta de Pilar, além do uso da abstração, a elaboração de possíveis e os princípios de um raciocínio com base em uma combinatória: a da força gerada pelo vento sobre a vela com a redução do atrito proporcionada pelo formato do casco, resultando em uma navegação com uma velocidade maior do que a velocidade do vento seja possível.

Também avaliamos o uso da lógica combinatória, através da questão que postamos em seu portfólio. Inserimos a imagem do mapa da Figura 35, explicando que nele estavam indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruzasse do Brasil para Portugal. A partir disso perguntamos: “considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis?”. Pilar apresentou a seguinte resposta:

*São Paulo-Salvador-Recife-Lisboa
São Paulo-Recife-Tenerife-Lisboa.
São Paulo-Recife-La Palma-Lisboa.....
a que acho mais adequada é São Paulo-Recife-Tenerife.
Lisboa.*

Sendo que a resposta estava incompleta, decidimos por realizar o teste presencial de combinações de formas para a modelagem de um barco usando a ferramenta Tinkercad. Explicamos para Pilar, que as formas da primeira coluna eram as opções para criar o corpo do barquinho, as da segunda coluna eram as opções para criar o bico do barco e as da terceira coluna eram as opções para a quilha (Figura 62). Pilar comentou que não usou nenhuma daquelas para fazer o seu barco, que usou um projeto pronto encontrado na internet.

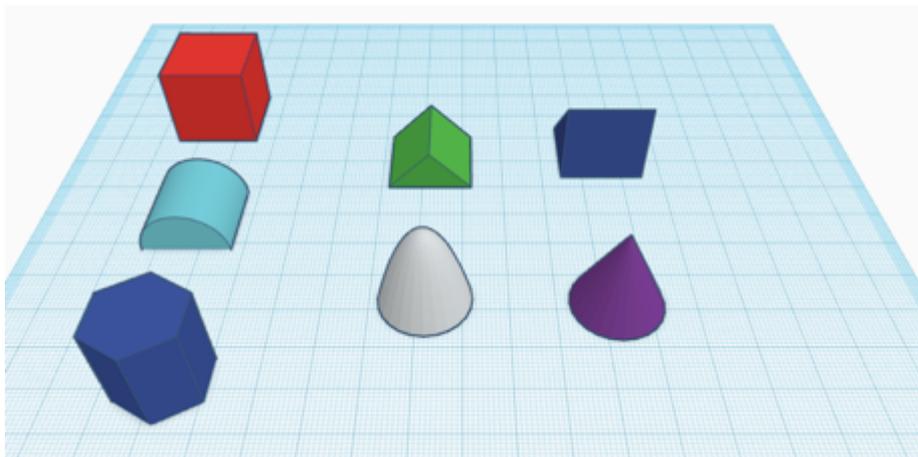


Figura 62 - Instrumento utilizado no teste presencial sobre combinatórias

Quando questionada sobre “Quantos modelos de barco diferentes são possíveis de serem fabricados, combinando essas formas?”, Pilar escreveu no papel as combinações e respondeu:

P - 11 ?
K - Tem certeza ?
P - Não

Pilar revisou a lista de combinações possíveis e se deu conta de que faltava uma combinação, a qual foi acrescentada posteriormente à relação. Feito isso ela respondeu: “doze” (Figura 63). Destacamos dois pontos interessantes:

1. A capacidade de generalização, observada através da associação de letras aos grupos de figuras e de números à cada uma delas.
2. A forma sistemática de apresentar a combinação dos elementos. Isso, para Piaget (1976), é um dos progressos no nível formal. Acrescenta-se a isso o fato de Pilar ter revisado a lista, adicionando a combinação que faltava. Buscamos apoio em Duro (2011), para afirmar que há, nesse ponto, indícios de progresso no uso do pensamento formal:

a necessidade de escrever as combinações representa a organização que diferencia o nível II do nível III... Ter a certeza de que todas as possibilidades foram contempladas também é um salto qualitativo bastante grande nesses sujeitos. (DURO, 2011 p. 87)

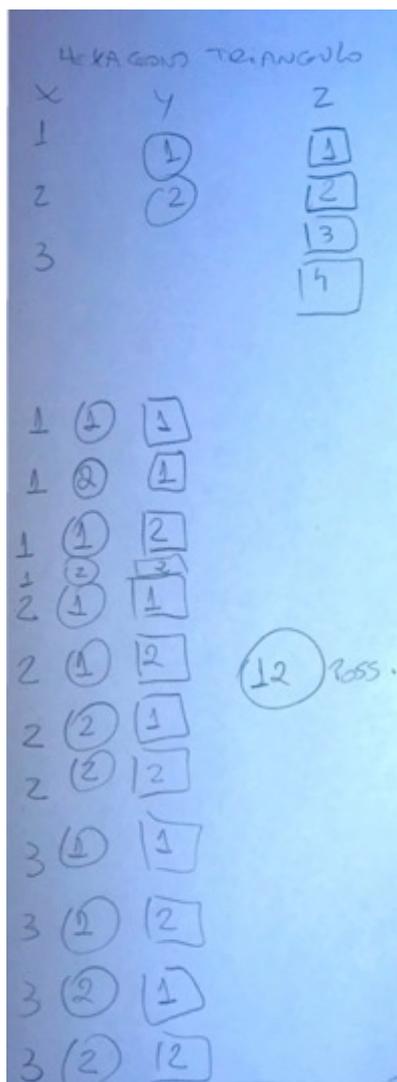


Figura 63 - Anotações de Pilar

Dando sequência ao teste da combinatória, perguntamos:

K – Ok. E se tivéssemos três opções de formas para modelar a quilha, quantos modelos de barquinhos diferentes seriam possíveis ?

P – 15 ?

K – Tem certeza disso ?

P – 16 ? Daria mais quatro opções.

K – Como tu sabes que são 4 ?

P - Porque são 4 ... (fala apontando para os agrupamentos de 4 combinações que ela identifica na folha) Não. Não sei ... Posso?

K – Sim, pode escrever se isso te ajuda a pensar.

Pilar escreveu as combinações possíveis (Figura 64), contou o número total de combinações e respondeu “dezoito

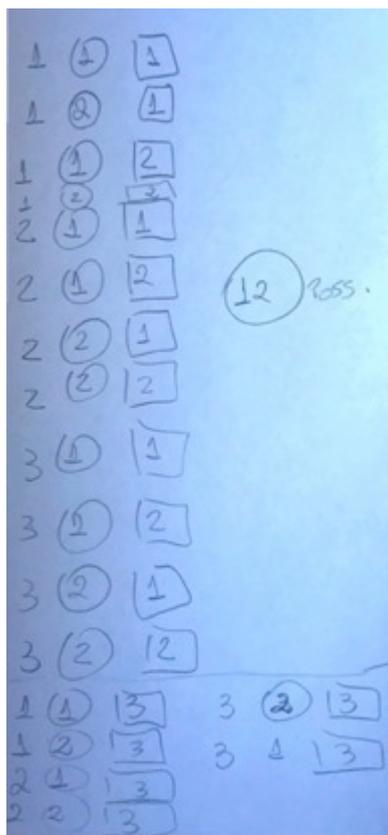


Figura 64 - Anotações de Pilar

Perguntamos, então, se ela conseguiria, de cabeça, dizer quantas opções de barquinho seriam possíveis com quatro opções de quilha. Pilar responde que não, mas tentou chegar a uma conclusão a partir da contagem das novas combinações que surgiram com o acréscimo da terceira opção de quilha. Ela disse: “É, eu não sei de cabeça”. Então ela começou a escrever o novo conjunto de combinações. Logo após escrever a primeira combinação, disse: “Acho que daria a mesma coisa”, dando a entender que haveriam seis novas combinações, mas seguiu escrevendo as combinações para ter certeza de que o raciocínio que havia elaborado estava correto. Ela contou as novas combinações e disse:

P – Daria mais seis.

K – Isso.

P – Então fica 12, 18, 22 ... 24. 24 !!

K – É isso aí. Tu observaste que existe um padrão ?

P – Sim. De quatro em quatro sempre.

Nessa resposta, Pilar, apesar de ter recentemente identificado o intervalo de seis unidades, pareceu ter considerado apenas as combinações com duas opções de quilha. Não conseguimos, nesse caso, identificar avanços em direção ao pensamento formal. Da mesma forma com os raciocínios que envolviam proporcionalidade, encontramos indicativos de compensações mas nunca com uma explicação baseada em razões ou multiplicações.

No teste presencial, colocamos água em um frasco de vidro até o nível de 300ml. Pedimos que Pilar colocasse três forminhas (encaixadas) na água e anotasse a medida indicada no marcador. Pedimos que repetisse a operação com seis forminhas.

P – Cada três vai ... 25 ml.

K – Isso. Ótimo ! Então, quantos forminhas eu tenho que colocar a mais, sobre esse tanto que já está no jarro, para chegar em 400 ml ?

P – Mais 6 ? Peraí ... estava em 300, foi para 325, 350 ... sim, mais 6.

K – E para chegar em 500 ml ?

P – para chegar em 500 mais ... 6 ?

K – Isso dá um total de ?

P – Tínhamos 300, fomos para 350 ... Estava em 300, foi para 350 com três... não ! foi para 325 com três, 350 com seis. 400 com mais seis. Então significa que temos que botar mais 12. Não ! Precisaria de 12 para 500.

K – Mais 12 em cima ...

P – De 300 ml para chegar em 500... Me perdi ...

K – Não queres anotar ?

Pilar desenvolvia o raciocínio enquanto anotava os valores. Ao final ela respondeu que seriam necessárias 18 forminhas no total para chegar aos 500 ml (Figura 65).

300	→ 3	— 325
	3	350
	6	400
	6	500
300	18	500

Figura 65 - Anotações de Pilar sobre o problema das proporções

Em seguida apresentamos para Pilar uma outra situação hipotética:

K - estamos com 500ml de água no jarro, quantas forminhas temos que tirar para chegar em aproximadamente 433 ml?

P – Seria 25 dividido por 3 ... daria sete virgula alguma coisa.

P – Acho que tem que tirar 7 ... vai faltar um pouquinho. Temos 500 né, se eu preciso chegar a 433 ... se eu tirar 4 eu chego em 400. Se eu tirar 5 eu chego perto, mas eu não sei o quão perto é isso. Eu posso fazer 8 ... Eu me perdi ... eu acho que 5. Ou 4 ? Eu não sei a conta que eu teria que fazer.

Observamos, através da constante mudança nos valores das respostas, que essas eram elaboradas por aproximação e não por uma razão matemática. A partir disso, e dos resultados nos demais testes, consideramos que Pilar é um sujeito que ainda está em processo de construção de um pensamento formal.

8.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EXPERIMENTO

Julia e Paulo, que apresentaram resultado concreto, segundo a Escala do Pensamento Lógico, em apenas um dos Testes Operatórios Coletivos, parecem ter, ao longo do período da oficina, superado as dificuldades inicialmente identificadas. Já Mirian e Pilar demonstraram ter dificuldade em

estabelecer relações de segunda-ordem, ou seja, relações sobre as relações de primeira ordem, as quais são: relações parte-parte e de relações parte-todo. As primeiras consistem em partes diretamente comparáveis, enquanto que nas relações parte-todo, a parte e o todo não são diretamente comparáveis, embora tenham que ser simultaneamente considerados". (SPINILLO, 2012 p.353).

Quando Mirian disse que "*cada forminha aumenta 8,3 ml*" e Pilar diz que "*Seria 25 dividido por 3 ... daria sete virgula alguma coisa*", elas demonstraram compreender que existia uma relação de primeira ordem do tipo parte-parte, mas não conseguiram estabelecer a relação parte-todo e talvez esteja aí a explicação para a dificuldade enfrentada por elas. Esse argumento é reforçado pelo o que encontramos em Spinillo (2012):

Piaget também acredita que alguma dificuldade poderia decorrer das relações de primeira-ordem que envolviam comparações parte-todo. Sua análise, entretanto, não vai além desta menção (Piaget & Inhelder, 1975, p. 156-157) e esta segunda possibilidade não é claramente abordada em sua teoria. (p. 354)

Assim, caberia, em pesquisas futuras, buscar a origem das dificuldades de adultos com o pensamento proporcional e propor

“*experiências perceptuais diversas*” (SPINILLO, 2012 p. 361), baseadas em uma educação mão-na-massa, que ajudem no desenvolvimento dessa operação formal tão importante.

Sabemos que o período de oito semanas é um tempo muito curto para que um sujeito operatório concreto se torne formal. Por outro lado, como afirmam Silva e Frezza (2011), “*o pensamento adulto possui características de mobilidade e organização bastante diferente às das crianças*” (p. 195) o que nos faz acreditar que ele seja capaz de desenvolver os esquemas necessários às operações formais em um tempo menor do que àquele necessário aos adolescentes. Assim, acreditamos que se Giovana, Mirian e Pilar continuassem envolvidas com atividades de fabricação digital, teriam condições de evoluir para o operatório formal.

Em relação aos sujeitos formais (Eliana e Marcus) ou quase (Pamela), observamos uma espécie de “regressão”, quando envolvidos com o uso dos equipamentos de fabricação digital. Consideramos essa situação aceitável, pois, segundo Silva e Frezza (2011) não há garantias de que o sujeito adulto

operará formalmente sobre todos os objetos. Há um detalhe imprescindível a ser considerado: as especificidades dos conteúdos. No que se refere à significação, diante de um conteúdo novo, mesmo um sujeito adulto tem a necessidade de se (re)organizar frente às novidades. (p. 194)

Por outro lado, observamos também que o uso dos equipamentos digitais pode propiciar oportunidades para que os sujeitos explorem o mais alto nível do pensamento formal como, por exemplo, no caso de Marcus, que demonstrou ter realizado as operações relativas ao grupo INRC para responder a questão: “Para cortar MDF a potência mínima tem que ser de 75% e a máxima de 85%. Se o MDF for de 3mm a velocidade deve ser ajustada para 26mm/s e se for de 9mm a velocidade deve ser ajustada para 5 mm/s. Explique porque a variação de velocidade.” Marcus respondeu:

“Es por que la velocidad es inversamente proporcional a la espesura del MDF, menos espesura mayor velocidad, mayor espesura menor velocidad, el láser va tener que trabajar más con el corte más profundo.”

Sabe-se que a compensação, demonstrada na explicação de Marcus pela frase “*menos espesura mayor velocidad, mayor espesura menor velocidad*”, é necessária para a operação de reciprocidade (linha 3 do

Quadro 11), uma das quatro operações do conjunto INRC. No caso da cortadora laser, as operações lógicas são realizadas sobre as seguintes proposições:

E = aumenta a espessura do MDF

E' = diminui a espessura do MDF

V = diminui a velocidade do laser

V' = aumenta a velocidade do laser

Considerando que não há variação das potências e a distância focal do laser é ajustada para 8mm sempre que há mudança na espessura do material, as operações INRC ficam assim definidas (Quadro 11):

Quadro 11 - Operações INRC construídas a partir das relações entre espessura do MDF e velocidade do laser.

Operação	Explicação
I : (E . V)	se forem utilizados sempre os mesmos valores de velocidade e potência o resultado será sempre o mesmo.
N : (E' v V')	se diminuir a espessura do material ou aumentar a velocidade do laser o resultado será diferente
R : (E' . V')	se diminuir a espessura do material e aumentar a velocidade do laser, de forma proporcional, o resultado será o mesmo
C : ($\sim E' v \sim V'$) = (E' . $\sim V'$) v ($\sim E'$. V') v ($\sim E'$. $\sim V'$)	diminuir a espessura e não aumentar a velocidade ou não diminuir a espessura e aumentar a velocidade ou não diminuir a espessura e não aumentar a velocidade... ... então o resultado será diferente

A necessidade da correta configuração dos equipamentos antes de sua utilização, mostrou-se uma forma eficiente para desenvolver ou exercitar a capacidade de abstração dos sujeitos, pois os parâmetros a serem configurados, em geral, correspondem a propriedades da máquina ou do objeto que será produzido. Por exemplo, a porcentagem de preenchimento do plástico, na impressora 3D, irá impactar diretamente nas propriedades peso e resistência do produto final. Sobre isso Mirian escreveu:

A porcentagem maior demora mais para ser impressa, a peça fica mais resistente e é usado mais PLA. Se for usado uma

porcentagem menor, a peça fica mais fina e frágil, é usado menos material e demora menos.

Outra situação interessante, e que merece ser comentada, foi quando Pilar enfrentou dificuldades com a impressão 3D. Sobre isso, ela registrou em seu portfólio:

Logo que a impressora começava a imprimir o projeto depois de uns segundos, começava a embolotar tudo, parei a impressão 3 vezes, depois de quebrar a cabeça tentando entender o que estava acontecendo. Karen, penso na possibilidade de, por causa do ar condicionado estar ligado, talvez seja questão de falta de calor, ajustada a temperatura do extrusor para 200, a impressão correu com normalidade.

Isso mostra como os resultados daquilo que os equipamentos fabricam podem ser influenciados por fatores que nem sempre estão sob domínio dos sujeitos que os operam.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos com os experimentos realizados no POALab, apresentados e analisados nos capítulos 6, 7 e 8 desse documento, além de sustentarem os resultados parciais, já descritos, serviram para elaborar as respostas às questões de pesquisa inicialmente colocadas.

9.1 QUESTÃO 1 - QUANDO O PENSAMENTO FORMAL É APLICADO DURANTE AS ATIVIDADES DE FABRICAÇÃO DIGITAL?

Quando criamos alguma coisa, consideramos as possibilidades sobre o design, sobre as ferramentas e os materiais que iremos utilizar, sobre os problemas que poderemos enfrentar, sobre como reduzir os custos do projeto, sobre a reação dos usuários, etc. Essa capacidade de antecipação é própria do pensamento formal e está relacionada com as condições do sujeito de operar sobre o real e o possível. Segundo Piaget (1985) “... o possível cognitivo é essencialmente invenção e criação” (p. 8).

Entretanto, “o domínio do possível, atingido pelo pensamento formal, não é de forma alguma o do arbitrário, ou da imaginação livre de qualquer regra e de toda objetividade” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 192). Os possíveis são, de fato, produto do raciocínio sobre proposições, combinatórias, probabilidades, compensações e proporcionalidades.

Cabe destacar que Piaget faz a distinção entre o que é materialmente possível e o que é estruturalmente possível. O primeiro tipo refere-se ao que “sabe que pode efetuar ou construir, mesmo que não o faça efetivamente” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 195) como, por exemplo, no caso em que o sujeito considera a opção de colocar mais uma vela no barco para aumentar a sua velocidade. O segundo tipo refere-se ao que “o sujeito seria capaz de efetuar ou de construir, mas sem que pense em fazê-lo, isto é, sem que tome consciência dessa eventualidade, nem de sua capacidade a respeito” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 195). Esse é o caso quando, ainda diante do problema da velocidade do barco, o sujeito não se dá conta de que outra possibilidade de solução seria modificar o formato da vela evitando, assim, aumentar o peso da embarcação e, conseqüentemente, diminuir a velocidade.

Assim, durante um projeto de fabricação digital, podemos dizer que em toda a atividade que envolva a necessidade de antecipações, sejam elas materialmente ou estruturalmente possíveis, será necessário o uso do pensamento formal. A seguir relacionamos algumas das situações identificadas através dos experimentos realizados:

- Quando o sujeito escolhe materiais e ferramentas a partir do conhecimento de suas propriedades e funções.
- Quando o sujeito opta pelo uso de uma técnica em detrimento de outra porque conhece as vantagens e desvantagens de cada uma e como isso irá impactar no seu projeto.
- Quando o sujeito elabora um método de trabalho, antecipando as fases do projeto, as atividades que precisarão ser realizadas em cada uma e as alternativas, no caso de problemas com o projeto que possam vir a comprometer a conclusão do mesmo dentro do prazo.
- Quando o sujeito consegue decompor o problema em partes menores pois sabe que, se assim o fizer, ficará mais fácil a correção de erros e a realização de possíveis ajustes.
- Quando o sujeito cria o protótipo, já antecipando os possíveis problemas do projeto e, por isso, toma medidas preventivas, tal como quando ele elimina detalhes desnecessários para reduzir a complexidade.
- Na concepção do design da peça. Segundo Martinez e Stager (2013) *“na prática do design o objetivo não é modelar o que já existe e sim o que poderia existir”* (p. 41)
- Na etapa de modelagem, quando o sujeito considera a escalabilidade do projeto, ou seja, que aquilo que está sendo construído talvez possa, no futuro, ser aumentado ou produzido em maior quantidade. Outra situação é quando o sujeito modela a peça já considerando a forma como ela será produzida (as vezes é necessário modelar as peças separadas para depois serem encaixadas, por exemplo).

- Durante o uso das máquinas, quando o sujeito tem que configurar os parâmetros de funcionamento das mesmas sabendo que a combinação deles (ordem e/ou valores) terá impacto no resultado final do produto.
- Quando o sujeito escolhe materiais, ferramentas e técnicas considerando o impacto dessas escolhas no custo do projeto.
- Quando o sujeito elabora um plano de testes no qual estão previstas as possíveis situações de sucesso, de fracasso e de exceção.
- Quando o sujeito cria um diário do projeto e nele registra, além do andamento do projeto, informações que poderão ser necessárias no futuro como, por exemplo, os resultados dos testes de combinações de materiais, parâmetros de configuração dos equipamentos, erros que aconteceram, seus motivos e formas de correção, etc.

Nessa relação, que não se esgota aqui, é possível verificar que essas situações requerem abstração, raciocínio hipotético-dedutivo e metacognição, de forma conjunta ou pontualmente. Verifica-se, também, a frequência com que o erro aparece de forma transversal às situações descritas. Isso, sob a ótica do desenvolvimento cognitivo é interessante, uma vez que o erro é um elemento de perturbação, capaz de ativar os esquemas cognitivos do sujeito. A partir disso, através de um processo auto-regulatório, o sujeito pode expandir os conhecimentos envolvidos naquela situação ou, até mesmo, desenvolver novos esquemas.

9.2 QUESTÃO 2 - AS ATIVIDADES DE FABRICAÇÃO DIGITAL PODEM CONTRIBUIR PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO FORMAL?

A fabricação digital envolve o uso de ferramentas operadas por comando numérico computadorizado. O fato dessas ferramentas possuírem uma interface digital demanda que os objetos a serem criados sejam previamente projetados no computador, o qual, nesse caso, transcende o papel de ferramenta de modelagem e passa a configurar um artefato cognitivo. Segundo Lyon (2005) os artefatos cognitivos são dispositivos

físicos ou mentais que tem a capacidade de melhorar ou fornecer novas habilidades cognitivas ao sujeito. No caso das ferramentas de modelagem, elas permitem que abstrações internas ao sujeito sejam transformadas em modelos com alto nível de complexidade, descritos na forma de desenhos bi ou tridimensionais, metadados, algoritmos genéticos, redes neurais e gramática de formas (LYON, 2015 p. 321 e 322). Para chegar nessas formas de representação, o sujeito precisa desenvolver abstrações reflexionantes, pois, conforme Piaget (1995),

uma das formas finais, atualmente atingidas pela abstração reflexionante, é a da formalização, caso limite no qual a forma consegue... libertar-se dos conteúdos. (p. 288)

Observamos, também, o uso da abstração reflexionante nas atividades de configuração dos equipamentos. Esses demandam ajustes, físicos ou através do software de controle, que irão impactar diretamente no resultado do objeto que se pretende criar. Ou seja, através da atribuição de valores a uma série de variáveis, as propriedades de um objeto, até então imaginário, serão definidas. Por exemplo, para um modelo 3D de um martelo, o material escolhido para a sua fabricação irá determinar a temperatura de extrusão, e os valores definidos para o tipo e para a porcentagem de preenchimento, podem torná-lo mais ou menos resistente aos impactos.

Piaget (1995) nos diz também que as abstrações reflexionantes ocorrem em função de um contínuo processo de equilibração e que essas ocorrem “*antes de atingir essas regulações perfeitas que constituem as operações*” (p. 283). Se as abstrações reflexionantes fazem parte do processo de desenvolvimento das operações mentais, então elas são importantes para o desenvolvimento do pensamento formal.

Sabemos que as operações que caracterizam o pensamento formal são aquelas que se dão sobre proposições, combinatórias, proporções e probabilidades, todas elas relacionadas com o raciocínio hipotético-dedutivo. Com base nas proposições e em suas combinações é que se estabelecem as hipóteses e sobre isso Piaget e Inhelder (1978), afirmam que:

a combinatória permite combinar entre si objetos ou fatores (físicos, etc), ou ainda idéias ou proposições (o que engendra uma nova lógica) e, por conseguinte, raciocinar, em cada caso sobre a realidade dada ... considerando essa realidade, não mais sob os seus aspectos limitados e concretos, mas em função de um número qualquer ou de todas as combinações possíveis. (p.113)

Quando o sucesso da criação de um objeto depende de uma grande quantidade de variáveis é certo que o sujeito envolvido nessa atividade terá que, antecipadamente, elaborar um conjunto de hipóteses sobre os possíveis resultados a partir das diferentes configurações dessas variáveis. Por exemplo, no corte a laser, mudanças nos valores de potência e velocidade afetam drasticamente o resultado, que pode variar da combustão do material até uma leve marcação. A isso acrescenta-se, ainda, que o resultado também depende do tipo de material e da espessura do mesmo.

Existem ainda, todas as outras situações inerentes ao processo de criação que também demanda operações sobre proposições.

Essas operações permitem verificar uma invenção sob diferentes condições. Se aquilo que foi criado for testado diversas vezes em condições idênticas, com as mesmas variáveis, e apresentar sempre o mesmo resultado, está garantida a identidade. Da mesma forma, se aquilo que foi criado for testado em condições opostas, com as mesmas variáveis, e apresentar resultados também opostos, está garantida a reciprocidade. Já a negação permite identificar os erros, enquanto a correlação possibilita observar os resultados alternativos de um teste. (BORGES; FAGUNDES, 2016 p. 245)

Os erros, no processo de fabricação dentro dos *makerspaces*, são aceitáveis e necessários. Aceitáveis porque aquilo que se fabrica são, na maioria das vezes, protótipos e esses tem por objetivo “errar cedo para acertar cedo”. Necessários, porque criam as situações de desequilíbrio que desencadeiam novos processos de assimilação e acomodação, as quais podem dar origem a novos esquemas e operações mentais.

Para Davis e Esposito (2007) o erro, a partir de uma perspectiva epistemológica, ocorre por um dos seguintes motivos:

- 1) A criança possui a estrutura de pensamento necessária à solução da tarefa, mas selecionou procedimentos inadequados para tal.
- 2) A criança errou porque a estrutura de pensamento que possui não é suficiente para solucionar a tarefa: existem contradições entre as hipóteses construídas pelo próprio sujeito que implicam tanto uma dificuldade para compreender a questão quanto, e naturalmente, para selecionar uma estratégia de ação.
- 3) A criança errou porque não possui a estrutura de pensamento necessária à solução da tarefa, de onde decorre uma impossibilidade de compreender o que lhe é solicitado. (p. 203).

O erro cometido durante o processo de fabricação digital, conforme o que foi observado a partir dos experimentos conduzidos, ocorrem pelos dois

primeiros motivos: porque não foi utilizado o procedimento adequado e/ou porque as hipóteses a respeito da solução foram mal elaboradas. Ao tomar consciência disso, o sujeito precisa rever e reformular, ou criar novas hipóteses.

O erro também pode ser uma oportunidade de identificar as correlações a partir das quais são definidas as probabilidades. Em uma sequência de testes, por exemplo com impressão 3D, o sujeito pode chegar a constatação de que todas as vezes em que a humidade do ar estava elevada, ocorria um descolamento entre as camadas do plástico depositado. Disso ele pode vir a elaborar a hipótese de que as chances de defeito na impressão se tornam elevadas quando o ambiente do laboratório não possui controle dos níveis de umidade.

As operações com base em proporções, que também são características do nível formal, estão presentes em problemas como, por exemplo, a construção em escala dos protótipos; na impressão 3D, a qual demanda que o sujeito elabore relações, por exemplo, entre a porcentagem de preenchimento do filamento plástico e a resistência do objeto; ou no corte a laser, em que modificações na espessura do material precisam ser compensadas por alterações nos parâmetro de velocidade e potência.

Assim, as atividades de fabricação digital que necessitam que o sujeito realize abstrações, construa e opere sobre hipóteses, e estabeleça relações de segunda ordem, como as correlações e compensações, podem contribuir com o desenvolvimento do pensamento formal.

9.3 QUESTÃO 3 - QUAL SERIA UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA ADEQUADA PARA O USO DO PENSAMENTO FORMAL A PARTIR DO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL?

Como vimos, o pensamento formal, é fruto do surgimento de estruturas cognitiva que permitem ao sujeito operar sobre abstrações e hipóteses. Assim, as atividades realizadas durante o desenvolvimento de um projeto de fabricação digital devem ser orientadas no sentido de explorar possibilidades, porque essas são construídas sobre raciocínios hipotéticos, e de promover a reflexão, que é o componente principal do processo de abstração reflexionante. A Arquitetura Pedagógica utilizada durante as Oficinas de

Criatividade, mostrou atender esses requisitos. Como veremos a seguir, cada momento da APAME pode explorar, por diferentes meios, o uso do pensamento formal.

O momento de perguntar é aquele em que podemos trabalhar a elaboração de hipóteses. Quando o sujeito pergunta, por exemplo, como um barco a vela se movimenta ele, internamente, começa a elaborar uma série de hipóteses. O sujeito poderia dizer que o barco se movimenta graças ao vento batendo na vela, ou que a movimentação se dá pela combinação do vento e das correntes, ou ainda que o movimento ocorre em função do casco do barco e do formato da vela. A necessidade de verificar essas possibilidades é que faz com que o sujeito queira conhecer, em detalhes, o objeto da sua curiosidade ou dúvida.

O momento de conhecer é também o de realizar abstrações. Para testar a hipótese de que um barco a vela se movimenta graças ao vento batendo na vela, é preciso conhecer o vento e a vela. Ao fazer isso, o sujeito vai identificar propriedades por abstração empírica: a vela tem formatos diferentes, é fabricada com algum tipo de tecido e tem pesos diferentes quando seca e quando molhada, por exemplo. Através da abstração pseudo-empírica, o sujeito vai chegar a conclusão de que o vento tem sentido e que isso, depois de refletir, tem relação com o ângulo de incidência do vento sobre a vela. Assim é que, por abstração reflexionante, o sujeito passa a compreender a influência do ângulo de incidência do vento sobre a vela, no conjunto de forças que fazem o barco se movimentar.

O momento de compreender, que está intimamente ligado ao conhecer, é aquele em que podemos explorar os porquês. Não aqueles que estão relacionados a fenômenos ou acontecimentos ocorridos ao acaso e que são típicos das crianças (CORREA; ROSINEIRI, 2015), mas sim aqueles que significam *“finalidade (“por que você vai por este caminho?”) ou causa eficiente (“por que os corpos caem?”)*” (PIAGET, 1989, p. 30) e que são próprios dos adultos. Correa e Rosineiri (2015) explicam que a causa eficiente *“é aquela que, por sua ação física, produz o efeito. Constitui o motivo da mudança ou transformação de um objeto.”* (p. 293). Dessa forma, é que perguntas como “porque o barco fica mais rápido ou mais lento quando a direção do vento munda?” ou “como é possível que um barco veleje contra

o vento?”, levam o sujeito à compreensão de que a direção do vento faz com que esse incida sobre a vela em um determinado ângulo gerando uma força. Essa, por sua vez, irá se combinar com a força de resistência (da água sobre o casco) gerando uma força resultante, que não é visível, mas que pode ser identificada através da observação da velocidade do barco. Entretanto, pode acontecer de que para chegar a essa compreensão o sujeito necessite conhecer melhor o vento, e suas propriedades.

O momento de criar é quando os artefatos que irão auxiliar na comprovação das hipóteses serão fabricados. Isso envolve manipular materiais e ferramentas que, as vezes, requerem métodos específicos. Assim é que o criar pode fazer com que seja necessário conhecer e compreender esses materiais e ferramentas. Isso fará com que o sujeito desenvolva esquemas cognitivos novos, associados ao domínio da fabricação de objetos como, por exemplo, esquemas de procedimento, tais como alinhamento ou agrupamento de objetos através de um software de modelagem 3D. Nessa etapa será necessária a realização de operações típicas do pensamento formal como, quando por exemplo, é preciso ajustar a combinação entre velocidade e potência do laser para se obter o efeito desejado sobre uma chapa de MDF. Ou, utilizando o raciocínio sobre proporções, o sujeito consegue desenvolver um modelo físico em escala.

O momento de testar irá comprovar ou negar as hipóteses, ou iniciar um novo ciclo de perguntar, conhecer, compreender, criar e testar. Isso ocorre porque o sujeito operatório formal, “*é um indivíduo que reflete fora do presente e elabora teorias sobre tudo, agradando-lhe considerar o que não é atual*”. (PIAGET, 1972b, p. 190). Assim, o sujeito pode verificar que sua hipótese se confirma parcialmente ou não e, a partir disso, começar a elaborar teorias sobre o que pode ter causado o resultado observado durante o teste, considerando, inclusive, que falhas no artefato fabricado tenham sido as responsáveis. O sujeito pode, então, retornar a etapa de criar para fazer ajustes no artefato, ou voltar para conhecer e compreender melhor um ou mais elementos envolvidos no problema.

10 CONCLUSÕES

Os *makerspaces* constituem importantes ambientes de aprendizagem. A aparente desorganização desses espaços, sempre cheios de ferramentas, materiais alternativos para fabricação, protótipos em teste e elementos criativos, tornam os *makerspaces* um espaço constante de desequilíbrio. Como diz Menezes et. al. (2006) “*ao contrário do que possa parecer, quanto mais complexo o ambiente, no sentido de disponibilizar uma maior interação, maior será a possibilidade de aprendizagem*”. Os sujeitos, quando expostos à esse tipo de ambiente, envolvidos em projetos interdisciplinares, muitas vezes com áreas que não são de seu domínio, tem grandes chances de desenvolverem novos esquemas cognitivos ou, no mínimo, a melhorarem o seus esquemas conceituais pelo processo de auto-regulação.

Além disso, os projetos desenvolvidos nos *makerspaces* oferecem ricas experiências físicas e lógico-matemáticas. Nas primeiras o sujeito age sobre os objetos para extrair conhecimento por abstrações a partir dos próprios objetos (abstração empírica). Já nas segundas, o sujeito age sobre os objetos, mas com abstração dos conhecimentos a partir da ação e não mais dos próprios objetos (abstração reflexionante) (PIAGET, 1973).

As atividades desenvolvidas durante as oficinas de criatividade nos mostraram que a aprendizagem em *makerspaces* se dá principalmente pela interação do sujeito com o objeto que está sendo criado e com as tecnologias digitais utilizadas em sua fabricação. Segundo Becker (1999)

Na medida em que o sujeito apropria-se do objeto (meio físico ou social), por isso transformando-o, ele transforma seus esquemas ou estruturas – o que equivale a transformar-se a si mesmo – para vencer as resistências do objeto (p. 77)

Seja qual for o objeto a ser fabricado, observamos que as exigências de forma e funcionalidade impostas pelo próprio objeto são as primeiras resistências enfrentadas pelo sujeito que, ao superá-las, transforma o objeto, melhorando o seu design, e a si mesmo na medida em que a compreensão do objeto modifica o seu sistema conceitual. Em seguida, e até mesmo concomitantemente, o sujeito se vê desafiado pelos softwares de modelagem e pelas máquinas de fabricação digital que, através das suas múltiplas

possibilidades de configuração, tornam possível a concretização daquilo que antes só existia no plano abstrato.

Entretanto, tão importante quanto, ou até mais, que o processo de fabricação, é a reflexão sobre o que está sendo feito e os resultados obtidos. Segundo Piaget (1978b), nesse processo a passagem da forma prática de conhecimento (fazer) para o pensamento ocorre através de tomadas de consciência, “*consistindo numa conceituação propriamente dita, isto é, numa transformação dos esquemas de ação em noções e operações*”. (p. 10). Observamos durante os experimentos que os sujeitos tem ritmos de trabalho distintos, ou seja, que cada um faz as coisas a seu tempo e, conseqüentemente, reflete e toma consciência também em tempos diferentes. Logo, não se pode esperar que todos os sujeitos envolvidos em um projeto de fabricação digital, mesmo que o tema seja igual para todos, apresentem desenvolvimentos com a mesma qualidade.

Entretanto, na elaboração das propostas de atividade em laboratório, não podemos desprezar o fato de que um sujeito motivado, envolvido em um projeto de seu interesse, terá um melhor desenvolvimento. Em nossa experiência com as Oficinas de Criatividades tivemos que propor, a cada edição da Oficina, um projeto igual para todos, pois isso nos dava maior controle sobre o experimento. Entretanto, observamos que nem todos os sujeitos apresentavam o mesmo entusiasmo pelo projeto e isso impactou negativamente no envolvimento dos sujeitos com as atividades propostas.

Observamos, também, que os sujeitos operatório-concretos tinham um comportamento diferenciado em relação aos demais: apresentavam-se mais tímidos, com vergonha de interagir com a pesquisadora e demais colegas, ou resistentes à experimentação e ao processo de reflexão. Se esse tipo de comportamento não é modificado, a qualidade da experiência e o desenvolvimento advindo dela ficam prejudicados. cremos que nesses casos sejam necessários, em paralelo à execução do projeto, atividades acompanhadas por um psicólogo, visando também o desenvolvimento comportamental.

A arquitetura pedagógica proposta talvez mereça uma revisão, de modo a abranger os aspectos como: motivação, cooperação, resiliência, ética, liderança, iniciativa, entre outros. Abre-se aqui uma possibilidade de

continuidade desta pesquisa de doutorado, sob o viés da psicologia. Outros desdobramentos possíveis para a pesquisa sobre a APAME são: uso da APAME no desenvolvimento de projetos de aprendizagem interdisciplinares; elaboração de um conjunto de atividades que o professor possa explorar em cada momento da APAME como, por exemplo, um exercício para o desenvolvimento da lógica sobre as combinatórias a partir das múltiplas configurações da cortadora laser; e propor uma forma de documentar os momentos da APAME que facilite o acompanhamento por parte do professor.

Esta pesquisa de doutorado buscou respostas para três questões, as quais, no decorrer do processo de investigação, fizeram surgir muitas outras. Por exemplo:

- a cooperação dos sujeitos durante a execução de projetos de fabricação digital pode ser usada a favor do desenvolvimento dos esquemas operatório formais?
- como a modelagem e impressão 3D podem ser melhor exploradas por professores para auxiliar na compreensão das operações formais?
- a análise das condutas do sujeito durante o uso dos equipamentos de fabricação digital é capaz de mostrar o desenvolvimento de novos esquemas, indicando assim evoluções cognitivas em domínios específicos?

Apesar do crescente número de pesquisas sobre os *makerspaces* educacionais e os projetos desenvolvidos com o apoio da fabricação digital, essas tecnologias ainda são muito novas e, por isso, precisam ser melhor estudadas, especialmente no que diz respeito ao seu uso como “objetos para pensar com”. Sendo assim, as possibilidades de continuação dessa pesquisa não se esgotam no que foi apresentado acima.

Por fim, devemos falar na importância da pesquisa sobre o desenvolvimento cognitivo a partir de projetos, para a afirmação do movimento *maker* na educação, evitando que o mesmo acabe se tornando mais uma

panaceia, que aponta com ares de inovação efetiva, aquilo que pode revolucionar o ensino... Laboratórios de informática, Internet, *edutainment*, reforma curricular, pne, pni, *tablets*, *Common Core*, livro digital, *flipped classroom*, *adaptive learning*, *big data*, EAD,

PBL, STEM, ... Muitas siglas, pouca efetividade. (ZYLBERSZTAJN, 2015 p. 197)

Muitas das inovações propostas na área da educação não conseguiram se afirmar porque estavam focadas no ensino e não na aprendizagem. De nada adianta reforma curricular, incorporação de tecnologias na sala de aula, mudanças nas práticas pedagógicas, se não houver uma compreensão sobre como os sujeitos desenvolvem os mecanismos cognitivos que os levam a construir o conhecimento, processo esse que leva o aluno ao tão desejado “aprender e nunca mais esquecer”.

Ao compreendermos como se dá o desenvolvimento cognitivo é possível, então, criar práticas pedagógicas que valorizem a aprendizagem, levando em conta as características de cada estágio do desenvolvimento. Assim, um professor, ao propor uma atividade do tipo resolução de problemas, por exemplo, e sabendo que crianças e adolescentes possuem um conjunto diferente de esquemas ao seu dispor, irá disponibilizar recursos que auxiliem na tarefa, mais concretos ou abstratos, dependendo do nível dos seus alunos.

A resolução de problemas faz parte de qualquer projeto, seja ele tecnológico ou artesanal. Ambos podem ser realizados dentro de makerspaces, mas os projetos tecnológicos são especialmente beneficiados pela disponibilidade de ferramentas e materiais. Essa variedade de recursos oferece, para o aluno, múltiplas possibilidades de solução para o problema. Cada solução irá demandar abstração e raciocínio lógico, considerando o que cada nível cognitivo consegue desenvolver. A partir disso, se dá o desenvolvimento das operações típicas do pensamento operatório.

Portanto, o entendimento sobre esse processo de desenvolvimento cognitivo durante a realização de projetos *maker* é que garantirá que a proposta de uma “Educação Mão Na Massa” seja realmente uma inovação na educação e não um modismo educacional.

10.1 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

As contribuições dessa pesquisa para a Educação e, em especial para a área de Informática na Educação, residem no fato de que a tese defendida mostra que a realização de projetos de fabricação digital em *makerspaces* é

um recurso educacional importante para o desenvolvimento do pensamento formal e, assim sendo, deve continuar a ser pesquisado. Contribuímos também através da elaboração de uma arquitetura pedagógica para aprendizagem em *makerspaces* educacionais, a qual poderá auxiliar educadores na condução das atividades de fabricação digital com vistas, não só a aprendizagem, mas também ao desenvolvimento cognitivo.

REFERÊNCIAS

- AZZOTTI, A. J. A. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Caderno de Pesquisas**, São Paulo, n. 77, p.53-61, maio 1991.
- ANDRADE, A. dos S. Desenvolvimento de testes padronizados baseados em provas piagetianas: revisão bibliográfica. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p.3-23, 1984.
- ARAGÓN, R. Interação e mediação no contexto das arquiteturas pedagógicas para a aprendizagem em rede. **Revista de Educação Pública**, [s.l.], v. 25, n. 59, p.261-275, abr. 2016.
- BANERJEE, C. The Human Factor: The Fundamental Driver of Innovation. In: **The Global Innovation Index 2014 - The Human Factor in Innovation**. [s.l.] World Intellectual Property Organization - Economics and Statistics Division, 2014. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/b/wip/report/2014gii.html>>. Acesso em maio de 2016.
- BECKER, F. **Da Ação a Operação**: J. Piaget e P. Freire. Porto Alegre: Palmarica, 1993.
- BECKER, F. Epistemologia genética e conhecimento matemático. In: **Revisitando Piaget**. Cadernos de Autoria. Porto Alegre: Mediação, 2007. v. 3p. 21–47.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2007.
- BECKER, F. Abstração Pseudoempírica: significado epistemológico e impacto metodológico. **Educação & Realidade**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.371-393, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623656521>.
- BEISIEGEL, C. R. **Paulo Freire**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.
- BLIKSTEIN, P. Digital Fabrication and 'Making' in Education. The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), **FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors**. Bielefeld: Transcript Publishers. 2013. Disponível em <<https://tltl.stanford.edu/sites/default/files/files/documents/publications/2013.Book-B.Digital.pdf>>. Acesso em maio de 2018.
- BLIKSTEIN, P. Maker Movement in Education: History and Prospects. **Springer International Handbooks Of Education**, [s.l.], p.419-437, 22 set. 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_33.
- BORGES, K. S; FAGUNDES, L. da C. A teoria de Jean Piaget como princípio para o desenvolvimento das inovações. **Educação**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.242-248, 12 set. 2016. EDIPUCRS. <http://dx.doi.org/10.15448/1981-2582.2016.2.21804>.

- BORGES, K.S; MENEZES, C. S. de; FAGUNDES, L. da C. Arquitetura Pedagógica Para Aprendizagem Em Makerspaces Educacionais. **Renote**: Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p.1-10, dez. 2017.
- CAMARGO, D. A. F. de. Desempenho operatório e desempenho escolar. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 74, p.47-56, ago. 1990. Disponível em: <<http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/cp/article/view/1082/1087>>. Acesso em maio de 2018.
- CANTELLI, V. C. B.; BORGES, R. R.; ASSIS, O. Z. M. DE. Avaliação do Desenvolvimento Intelectual de Alunos da Educação de Jovens e Adultos Brasileiros Numa Perspectiva Piagetiana. **VIII Congresso GalaicoPortuguês de PsicoPedagogia**. Anais...Centro de Investigação em Educação (CIEd). Instituto Educação e Psicologia. Universidade Minho, 2005. Disponível em: <<http://www.educacion.udc.es/grupos/gipdae/documentos/congreso/viiiicongreso/pdfs/96.pdf>>. Acesso em maio de 2018.
- CARVALHO, M. J. S.; NEVADO, R. A. DE; MENEZES, C. S. DE. Arquiteturas Pedagógicas para Educação a Distância: Concepções e Suporte Telemático. **XVI SBIE** - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, p. 351–360, 2005.
- CARVALHO, M. J. S, de; NEVADO, R. A. de; MENEZES, C. S. de (Org.). **Aprendizagem em Rede na Educação a Distância: estudos e recursos para formação de professores**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2007.
- CHADWICK, M.; ORELLANA. E. **Adaptação dos Testes de Longeot**. Disponível em: <<https://carolinacatalanpsicopedagogia.files.wordpress.com/2013/11/pruebas-longeot.doc>>. Acesso em maio de 2016.
- CLAP, E. P. R. J. R. Maker-Centered Teaching and Learning in Action. In: CLAPP, E. P. et al. (Eds.). **Maker-Centered Learning**. Somerset: John Wiley & Sons, Incorporated., 2016. p. 127–154.
- COLEMAN, E. G. **Coding freedom: the ethics and aesthetics of hacking**. Princeton: Princeton University Press, 2013.
- CORREA, G. L.; ROSINEIRI, C. Os porquês da criança na psicologia genética de Piaget e na psicanálise e a dificuldade de aprendizagem. **Ágora**: Estudos em Teoria Psicanalítica, [s.l.], v. 18, n. 2, p.289-303, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14982015000200009>.
- DAVIS, C.; ESPOSITO, Y. L. O Papel e a Função do Erro na Avaliação Escolar. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 72, n. 171, 21 set. 2007.
- DELVAL, **JIntrodução à Prática do Método Clínico**: descobrindo o pensamento das crianças.. Porto Alegre: Artmed, 2002.

- DENNING, P. J. **The Great Principles of Computing**. American Scientist, n. September-October, p. 369–372, 2010.
- DEWEY, J. **Experiência e Educação**. Petrópolis, RJ.: Vozes, 2010.
- DOUGHERTY, D. **Free to Make**: how the maker movement is changing our schools, our jobs and our minds. Berkley: North Atlantic Books, 2016.
- DURO, M. L. Análise **Combinatória e Construção de Possibilidades**: o raciocínio formal no ensino médio. Dissertação (mestrado)—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- FAGUNDES, L. DA C.; SATO, L. S.; MAÇADA, D. L. **Aprendizes do futuro**: as inovações começaram! [s.l.] MEC - SEAD, [s.d.]. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me003153.pdf>> Acesso em junho de 2017.
- FINI, M. I. **SARESP** - Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em http://saresp.fde.sp.gov.br/2010/pdf/2_apresentacao_mariainesfini.pdf. Acesso em março de 2018.
- FLAVELL, J. H.. **A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget**. São Paulo: Pioneira, 1975.
- FLAVELL, J. H.; MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento Cognitivo**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17a. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.
- FRIGOTTO, G. **A produtividade da escola improdutiva**: um (re) exame das relações entre educação e estrutura econômico-social e capitalista. São Paulo: Cortez, 1989.
- GERSHENFELD, N. **Fab**: The Coming Revolution on Your Desktop - From Personal Computers to Personal Fabrication. [s.l.]: Basic Books, 2005.
- GOUVEIA, D. da C. (2011) Epistemologia Genética de Piaget e a Psicopedagogia. In: Barone, L. M. C., Martins, L. C. B., Castanho, M. I. S. (Orgs.). **Psicopedagogia teorias da aprendizagem**. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.201-209, ago. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-37722006000200010>.
- HENGEMÜHLE, A. **Desafios Educacionais na Formação de Empreendedores**. Porto Alegre: Penso, 2014.
- HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e Mudança na Educação**: os projetos de trabalho. Porto Alegre: Artmed, 1998.

- HISTÓRIADIGITAL. **10 grandes invenções de Leonardo da Vinci**. [s.d] Disponível em <https://historiadigital.org/curiosidades/10-grandes-invencoes-de-leonardo-da-vinci/>. Acesso em fevereiro de 2018.
- HOLTZMAN, B.; HUGHES, C.; METER, K. V. Do It Yourself ... and the movement beyond capitalism. In: **Constituent Imagination: Militant Investigations**. Oakland – CA, 2007. p. 44–61.
- HONEY, M.; KANTER, D. E. **Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators**. New York: Taylor And Francis, 2013.
- HUTEAU, M; LAUTREY, J. **Évaluer l'intelligence: Psychométrie cognitive**. Presses Universitaires de France. 2003.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. **Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente**: ensaio sobre a construção das estruturas operatórias formais. São Paulo: Pioneira, 1976.
- INHELDER, B.; BOVET, M.; SINCLAIR, H. **Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 1977.
- INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O Desenrolar das Descobertas da Criança**: um estudo sobre as microgêneses cognitivas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- KUHN, D. Formal operations from a twenty-first century perspective. **Human Development**, v. 51, n. 1, p. 48–55, 2008.
- LEE, I. et al. Computational thinking for youth in practice. **ACM Inroads**, v. 2, n. 1, p. 32–32, 2011. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>
- LEMOS, M. F. de; QUEIROZ, S. S. de. Desempenho operatório de adultos e idosos nas provas da Escala de Desenvolvimento do Pensamento Lógico (EDPL). **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**, n. 7, maio 2015.
- LÉVY, P. **As Tecnologias da Inteligência**. Rio de Janeiro: 34, 1993.
- LIMA FILHO, A. de; REBOUÇAS, F. A. **O Pensamento Formal em Piaget: gênese, estruturação e equilíbrio**. Goiânia: Dimensão, 1988.
- LIS, A.; MAGRO, T. Study of Longeot's test of formal operational thinking in a group of Italian adolescents. **Perceptual and motor skills**, v. 76, n. 3, p. 739–752, 1993. <https://doi.org/10.2466/pms.1993.76.3.739>
- LITTS, B. K. **Making learning** : Makerspaces as learning environments. University of Wisconsin-Madison. Tese – University of Wisconsin-Madison, 2015. Disponível em <<https://search.library.wisc.edu/catalog/9910215086302121>>. Acesso em maio de 2018.
- LYON, E. Autopoiesis and Digital Design Theory: CAD Systems as Cognitive Instruments. **International Journal of Architectural Computing**, v. 3, n. 3, p. 317–333, set. 2005. <https://doi.org/10.1260/147807705775377366>
- LONGEOT, F. **L'Echelle de développement de la Pensée Logique**, Issy-les-Moulineaux, EAP, 1979.

- MALHEIROS, B. T. **Metodologia da Pesquisa em Educação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2011. (Educação).
- MARTINEZ, S. L.; STAGER, G. **Invent to Learn: Making, Thinking and Engineering in the Classroom**. Torrance: Constructing Modern Knowledge Press, 2013.
- MCKAY, C. S.; GLAZEWSKI, K. D. Designing Maker Based Instruction. In: REIGELUTH, C. M.; BEATTY, B. J.; MYRES, R. D. (Eds.). . **Instructional-Design Theories and Models vol.IV**. New York: Routledge, 2017. p. 145–172.
- MENEZES, C. S. D. et al. Aplicando Arquiteturas Pedagógicas em Objetos Digitais Interativos. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, n. 2, p. 1–10, 2006.
- MIT. **Computação Criativa**: uma introdução ao pensamento computacional baseada no conceito de design. 2011. Disponível em <<http://projectos.esse.ips.pt/cctic/wp-content/uploads/2011/10/Guia-Curricular-ScratchMIT-EduScratchLPpdf.pdf>>. Acesso em maio de 2016.
- MONTANGERO, J.; MAURICE-NAVILLE, D. **Piaget ou a inteligência em evolução**. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- NEVES, H.; RAGUSA, J. **Fab Educação**. 2014. Disponível em <https://www.dropbox.com/s/0mop6iasz0ue82f/FAB_Educa%C3%A7%C3%A3o_WeFab.pdf> Acesso em junho de 2015.
- NEW YORK HALL OF SCIENCE. (2013). **Making Meaning**. New York. Disponível em <<http://www.lpi.usra.edu/education/stemlibraryconference/events/Making-Meaning-Report.pdf>>. Acesso em maio de 2018.
- PANDEY, N. N.; S.B.BHATTACHARYA; RAI, V. K. Longeot test of cognitive development in Indian context. **Studies in Educational Evaluation**, v. 19, p. 425–430, 1993. [https://doi.org/10.1016/S0191-491X\(10\)80007-0](https://doi.org/10.1016/S0191-491X(10)80007-0)
- PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980.
- PAPERT, S.; HAREL, I. Situating Constructionism. In: **Constructionism**. [s.l.] Ablex Publishing Corporation, 1991. p. 1–12. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.00269>
- PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- PIAGET, J. **O Raciocínio na Criança**. Rio de Janeiro: Record, 1967
- PIAGET, J. Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. **Human Development**, v. 15, n. 1, p. 1–12, 1972.
- PIAGET, J. **A Psicologia da Inteligência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1972b.
- PIAGET, J. **A Epistemologia Genética**. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1973.
- PIAGET, J.; BETH, W. E.; MAYS, W. **Epistemologia Genética e Pesquisa Psicológica**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.

- PIAGET, J. A Teoria de Piaget. In: Mussen, P.H (org). **Carmichael - Psicologia da criança - Desenvolvimento Cognitivo** vol.4. p. 71-116. São Paulo: EDUSP, 1975.
- PIAGET, J. **O Desenvolvimento do Pensamento**: equilibração das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote, 1977.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Difel, 1978.
- PIAGET, J. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Melhoramentos: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978(b).
- PIAGET, J. **O possível e o necessário**: evolução dos possíveis na criança. Vol.1. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.
- PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989.
- PIAGET, J. **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- PIAGET, J. Criatividade. In: VASCONCELOS, M. S. Sérgio (org.). **Criatividade**: Psicologia, Educação e Conhecimento do Novo. Educação em Pauta: teorias & tendências. São Paulo: Moderna, 2001. p. 11–20.
- PICETTI, J. S. **Formação Continuada de Professores**: da abstração reflexionante à tomada de consciência. Tese - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- PORVIR. Especial Educação Mão Na Massa. [s.d]. Disponível em <<http://porvir.org/especiais/maonamassa/>>. Acesso em junho de 2016.
- POSSOLLI, G. E.; GUBERT, R. Portfólio como ferramenta metodológica e avaliativa. In: TORRES, P. L. (org.). **Metodologias para a produção do conhecimento**: da concepção à prática. Agrinho. Curitiba: SENAR, 2015. p. 119–142. Disponível em <<http://www.agrinho.com.br/materialdoprofessor/portfolio-como-ferramenta-metodologica-e-avaliativa>>. Acesso em maio de 2018.
- SANTOS, M. E. B. M dos. Aproximações conceituais entre as teorias de Jean Piaget e Paulo Freire: senhores de seu tempo. In: XIV Semana da Educação da Universidade Estadual de Londrina: 2012. **Anais...** Disponível em <<http://www.uel.br/eventos/semanadaeducacao/pages/arquivos/anais/2012/anais/temasdepesquisaeducacao/aproximacoesconceituais.pdf>>. Acesso em janeiro de 2015.
- SEFTON-GREEN, J. **Learning at not-school: a review of study, theory, and advocacy for education in non-formal settings**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2013. Disponível em <<https://mitpress.mit.edu/books/learning-not-school>>. Acesso em maio de 2018.
- SHEEHAN, D. J. **The Effectiveness of Concrete and Formal Instructional Procedures With Concrete and Formal-Operational Students**. Tese - Albany: State University of New York, 1970.

- SILVA, J. A. da; FREZZA, J. S. Aspectos metodológicos e constitutivos do pensamento do adulto. **Educar em Revista**, n. 39. Curitiba. p. 191–205, abr. 2011.
- SOUZA, M. T. C. C. de; MACEDO, L. de. Operações Formais em Universitários de Diferentes Áreas Profissionais: Uma Análise Comparativa. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 2, n. 2, p. 165–178, 1986.
- SPINILLO, A. G. As Relações de Primeira-Ordem em Tarefas de Proporção: Uma Outra Explicação Quanto Às Dificuldades Das Crianças. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 9, n. 2, p. 349–364, 22 out. 2012.
- STAGER, G. S. Papert's Prison Fab Lab : Implications for the maker movement and education design. **IDC '13 Proceedings of the 12th International Conference on Interaction**, p. 487–490, 2013.
<https://doi.org/10.1145/2485760.2485811>
- SZYMANSKI, M. L. S. A difícil aprendizagem de tarefas que exigem um raciocínio complexo. **Boletim Técnico do Senac**, v. 37, n. 1, p. 24–33, 19 abr. 2011.
- WARDRIP, P. S.; BRAHMS, L. Learning Practices of Making : Developing a Framework for Design. **Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children**, p. 375–378, 2015.
<https://doi.org/10.1145/2771839.2771920>
- WING, J. M. Computational Thinking: What and Why? **thelink** - The Magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science, p. 1–6, 2011.
- ZYLBERSZTAJN, M. Muito além do Maker: esforços contemporâneos de produção de novos e efetivos espaços educacionais. In: **Educação fora da caixa: tendência para a educação do século XXI**. Florianópolis: Bookess, 2015. p. 189–208.

APÊNDICE A - MANUAL DA PROVA T.O.F.L.P

Objetivos

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica das proposições.

Critérios de Correção

- Este teste é puramente experimental e a interpretação dos resultados deve ser feita com muita prudência.
- Atribuir um ponto por raciocínio exato e um ponto por problema inteiramente exato, com as conclusões corretas.
- Não pontuar o primeiro raciocínio, nem o primeiro problema, pois estes servem de exemplo.
- Pontuação máxima de 11 pontos.

Raciocínios	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1.	Concreta	Composição transitiva de classes (exemplo)	A
2.	Concreta	Composição transitiva de relações	B
3.	Concreta	Composição transitiva de classes	A
4.	Concreta	Reversibilidade da inclusão da parte no todo	A
5.	Concreta	Reversibilidade das relações recíprocas	A
6.	Concreta	Reversibilidade das relações recíprocas	A

Problemas	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1.	Formal A	Mecanismo de implicação (exemplo)	A e C
2.	Formal A	Mecanismo de negação ou de inversão da disjunção da implicação	A e D
3.	Formal A	Mecanismo da equivalência e da alternativa exclusiva	A e C
4.	Formal B	Mecanismo de implicação	B e C
5.	Formal A	Mecanismo de negação ou de inversão da disjunção da implicação	B e C
6.	Formal B	Mecanismo de implicação	A e C
7.	Formal A	Mecanismo da equivalência e da alternativa exclusiva	B e D

Níveis de desenvolvimento :

Pontos	Estágio Operatório
0-5	Concreto
6-8	Formal inferior ou Formal A
9-11	Formal superior ou Formal B. Êxito nos problemas 4 e 6, que requerem não confundir implicação e equivalência

TESTE 1

TESTE DE OPERAÇÕES FORMAIS – A LÓGICA DE PROPOSIÇÕES

EXEMPLO: PRIMEIRO RACIOCÍNIO

- Os mamíferos são animais vertebrados.
- Os vertebrados são animais .

A partir destas duas afirmações é possível estabelecer conclusões. Das 3 conclusões apresentadas, somente uma esta correta. Identifique esta opção e registre sua escolha na folha de respostas.

CONCLUSÕES:

- a) Os mamíferos são animais <- Correta
- b) Os mamíferos não são animais.
- c) Nada se pode afirmar.

Leia os raciocínios que seguem e identifique a conclusão correta. Marque a letra correspondente na folha de respostas.

SEGUNDO RACIOCÍNIO:

- Armando é mais ágil do que Bernardo.
- Bernardo é mais ágil do que Daniel.

CONCLUSÕES:

- a) Das três crianças, Bernardo é o mais ágil.
- b) Das três crianças, Armando é o mais ágil.
- c) Nada se pode afirmar.

TERCEIRO RACIOCÍNIO:

- Dos cogumelos saem fiapos.
- Os fiapos são venenosos.

CONCLUSÕES:

- a) Os cogumelos são venenosos.
- b) Os cogumelos não são venenosos.
- c) Nada se pode afirmar.

QUARTO RACIOCÍNIO:

- Em um jardim se plantam flores.
- Neste jardim existem 30 rosas e 5 margaridas.

CONCLUSÕES:

- a) Existem mais flores do que rosas no jardim.
- b) Existem mais rosas do que flores no jardim.
- c) Se todas as rosas forem cortadas não haverão flores.
- d) Nada se pode afirmar.

QUINTO RACIOCÍNIO:

- Jorge canta melhor do que Maria.
- Maria canta melhor do que Alberto.

CONCLUSÕES:

- a) Alberto canta pior do que Jorge.
- b) Jorge canta pior do que Alberto.
- c) Nada se pode afirmar.

SEXTO RACIOCÍNIO:

- Marcos é menos valente do que José.
- José é menos valente do que Fernando.

CONCLUSÕES:

- a) Fernando é o mais valente dos três.
- b) Marcos é o mais valente dos três.
- c) Nada se pode afirmar.

ÉS UM BOM DETETIVE?

Você se encontra na situação de um detetive que reúne pistas durante uma investigação e busca a verdade através de raciocínios e deduções. Um detetive faz suposições e busca provas a partir daquilo que é dito e daquilo que é observado.

Agora leia as três frases do enunciado que segue, reflita sobre o que é dito e determine se as conclusões que são apresentadas logo abaixo do enunciado são verdadeiras ou falsas.

EXEMPLO: PRIMEIRO PROBLEMA

- Se Pablo mentiu, então Pedro matou João.
- Se a arma do crime era uma pistola, então Pablo mentiu.
- Hoje se verificou que a arma do crime era uma pistola.

CONCLUSÕES

- a) Pablo mentiu.
- b) Pablo não mentiu.
- c) Pedro matou João.
- d) Pedro não matou João.
- e) Nada se sabe.

Com os dados do problema, primeiro deve-se saber se Pablo mentiu ou não. Em seguida você poderá descobrir se Pedro matou ou não João. Pode-se dizer que Pablo mentiu porque a arma do crime era uma pistola. Então, Pedro matou João e Pablo mentiu. Marque na folha de respostas as opções A e C, pois são as conclusões corretas da investigação.

Faça o mesmo com os problemas seguintes, sempre marcando as conclusões corretas na folha de respostas.

SEGUNDO PROBLEMA:

- Se o vigia era cúmplice, então a porta da casa estava aberta e o ladrão entrou pelo sótão.
- Se o roubo aconteceu a meia-noite, então o vigia era cúmplice.
- Foi possível provar que a porta da casa não estava aberta e que o ladrão não entrou pelo porão.

CONCLUSÕES

- a) O vigia não era cúmplice.
- b) O vigia era cúmplice.
- c) O roubo aconteceu a meia-noite.
- d) O roubo não aconteceu a meia-noite.
- e) Não se pode afirmar que o roubo aconteceu a meia-noite.

TERCEIRO PROBLEMA:

- Uma das duas: ou o ladrão veio de carro, ou a testemunha estava errada.
- Se o ladrão tinha um cúmplice, então ele foi de carro.
- O ladrão não tinha cúmplice e não tinha a chave da casa, ou o ladrão tinha cúmplice e tinha a chave da casa.
- Agora se conseguiu provar que o ladrão tinha a chave da casa.

CONCLUSÕES

- a) O ladrão foi de carro.

- b) O ladrão não foi de carro.
- c) A testemunha não se enganou.
- d) Não se pode saber se a testemunha se enganou.

QUARTO PROBLEMA:

- Se a polícia segue uma pista errada, então os jornais anunciam notícias falsas.
- Se os jornais anunciam notícias falsas, então o assassino não vive na cidade.
- Agora temos certeza de que os jornais anunciam notícias falsas.

CONCLUSÕES

- a) O assassino vive na cidade.
- b) O assassino não vive na cidade.
- c) A polícia segue uma pista errada.
- d) A polícia não segue uma pista errada.
- e) Não se pode saber se a polícia segue uma pista errada.

COMO VOCÊ OCUPA AS SUAS FÉRIAS?

Agora você deve resolver, sempre através de raciocínios e deduções, problemas do mesmo tipo dos anteriores, mas que estão relacionados a formas de passar tempo em uma tarde de férias. Raciocinando sobre os enunciados dos problemas, você deve determinar como vai se distrair.

Responda sempre marcando as conclusões corretas, como nos problemas anteriores.

QUINTO PROBLEMA:

- Você sai com os amigos e vai para a cidade vizinha.
- Se sai com os amigos, então vai a montanha ou vai pescar.
- No fim, você não vai a montanha e nem vai pescar.

CONCLUSÕES:

- a) Você sai com os amigos.
- b) Você não sai com os amigos.
- c) Você vai à cidade vizinha.
- d) Você não vai à cidade vizinha.
- e) Não se pode saber se você vai à cidade vizinha.

SEXTO PROBLEMA:

- Se você vai mergulhar, então o tempo está bom.
- Se você vai andar de barco, então o tempo está bom.
- No fim, você vai andar de barco.

CONCLUSÕES:

- a) O tempo está bom.
- b) O tempo não está bom.
- c) Vais mergulhar.
- d) Não vais mergulhar.
- e) Não se pode saber se vais mergulhar.

SÉTIMO PROBLEMA:

- Se choveu ontem, então você irá colher cogumelos, e se vai colher cogumelos, então choveu ontem.
- Uma das duas: ou choveu ontem ou você irá percorrer os campos.
- Se você não percorrer os campos, então irá pelo caminho da montanha.
- Entretanto, você não irá pelo caminho da montanha.

CONCLUSÕES:

- a) Você não irá percorrer os campos.

- b) Não choveu ontem.
- c) Vais colher cogumelos.
- d) Não vais colher cogumelos.
- e) Não se pode saber se vais colher cogumelos.

APÊNDICE B - MANUAL DA PROVA T.O.F.C

Objetivos:

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica combinatória

Critérios de Correção

- Este teste é puramente experimental e a interpretação dos resultados deve ser feita com muita prudência.
- Atribuir um ponto por resposta exata. Por exemplo, a questão 5 só poderá ser considerada correta se apresentar 16 respostas, exatamente como consta no gabarito, independente da ordem em que forem apresentadas.
- Não pontuar o primeiro problema, pois este serve de exemplo.
- Pontuação máxima de 7 pontos.

Problema	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1	Concreta	Multiplicação lógica de classes	AL, BL, CL, AM, BM, CM, AN, BN, CN
2	Concreta	Ordenamento: descoberta de duplas com permutação dos elementos	DC, CD, DP, PD, CP, PC
3A	Concreta	Idem ao item 2	11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24 31, 32, 33, 34 41, 42, 43, 44
3B	Formal	Combinatória	25
4A	Formal	Combinação sem permutação dos elementos combinados	AC, AD, AM, AP, AR CD, CM, CP, CR DM, DP, DR MP, MR PR
4B	Formal	Combinatória	21
5	Formal	Combinação com permutação dos elementos ordenados	LRPC, LRCP, LPRC, LPCR, LCPR, LCRP, RLPC, RLCP, RPLC, RPCL, RCLP, RCPL PLRC, PLCR, PRLC, PRCL, PCLR, PCRL CLRP, CLPR, CRLP, CRPL, CPLR, CPRL
6	Formal	Combinação com permutação dos elementos ordenados	PACL, PALC, PCAL, PCLA, PLAC, PLCA APCL, APLC, ACPL, ACLP, ALPC, ALCP CAPL, CALP, CPAL, CPLA, CLPA, CLAP LAPC, LACP, LCPA, LCAP, LPAC, LPCA

Níveis de Desenvolvimento

Pontos	Estágio Operatório
0 – 3	Concreto: o sujeito resolveu corretamente os três problemas concretos (1, 2 e 3A)
4 – 5	Formal inferior ou Formal A: o sujeito resolveu os três problemas concretos e um problema formal ou dois problemas concretos e um dos problemas formais
6 – 7	Formal superior ou Formal B: o sujeito resolveu os problemas concretos e o problemas formais de forma sistemática

TESTE 2

TESTE DE OPERAÇÕES FORMAIS COMBINATÓRIA

Você vai resolver seis problemas. São fáceis. Preste atenção e pense um pouco antes de escolher a resposta.

Leia o enunciado do primeiro problema, O BAILE, e encontre a resposta correta. Registre-a na folha de respostas que foi entregue junto com o caderno de questões.

Na folha de respostas você vai encontrar o título de cada problema e várias linhas. Nestas linhas você deve registrar suas respostas.

Atenção: não é necessário usar todas as linhas.

Em seguida, encontrará o segundo problema, OS CARROS, e os demais, logo depois. Resolva todos e anote as respostas nas linhas que se encontram abaixo do nome do problema.

O primeiro problema é um exemplo. Vamos analisá-lo juntos:

EXEMPLO: PROBLEMA 1: O BAILE

Depois de um almoço em família, as pessoas decidiram dançar. Há três homens (Alberto, Bernardo e Carlos) e três mulheres (Luisa, Mônica e Nelly). Quais são os pares (homem-mulher) possíveis de serem formados nesta festa improvisada?

Escreva nas linhas em branco da folha de respostas, indicando a primeira letra de cada bailarino. *Foi escrito na primeira linha a dupla A-L, que se referem a Alberto e Luisa.* Escreva as outras, usando uma linha para cada par de bailarinos possível de se formar.

PROBLEMA 2: OS CARROS

Domingos, Claudio e Paulo vão ao parque de diversões andar no carrochoque. Cada carrinho tem apenas dois lugares, o do motorista e o do copiloto. Os três amigos vão formar equipes para pilotar os carrinhos. Entretanto, todos querem ser piloto e copiloto o mesmo número de vezes. Logo, haverá mais de três equipes.

Pense em todas as equipes possíveis de serem formadas. Em cada linha deve anotar a formação de apenas uma dupla. Escreva a primeira letra dos nomes de cada dupla, sendo que a letra da esquerda corresponde ao nome do motorista e a letra da direita é o nome do copiloto.

Repara que já está escrito D-C, o que significa que Domingos e Cláudio formam uma dupla.

PROBLEMA 3: O SORTEIO

Imagine que você comprou um número de rifa para um sorteio. Sabe-se que os bilhetes estão numerados com apenas dois dígitos e que os números são formados pelos dígitos 1,2,3,4.

Primeira Pergunta:

Você tem o número 11; para saber quantas chances existem para que o seu número seja premiado, pense em todos os números de dois dígitos que se poderiam vender. Anote-os nas linhas da folha de respostas, apenas um número de dois dígitos por linha. *Já vais encontrar o número (11) anotado.*

Segunda Pergunta

Podes dizer, apenas a partir de um cálculo mental, quanto números de dois dígitos existirão, quando os bilhetes da rifa forem criados usando os dígitos 1,2,3,4,5? *Não vale anotar as combinações.*

Anote a resposta no quadro que se encontra na folha de respostas.

PROBLEMA 4: O PING-PONG

Seis crianças vão jogar ping-pong. São eles: André, Claudio, Domingos, Miguel, Paulo e René. Para determinar os melhores, todos jogarão contra todos.

Primeira Pergunta:

Escreva na folha de respostas todas as partidas que serão jogadas. Indica, para cada uma, os adversários da partida, escrevendo a primeira letra de seus nomes.

Por exemplo: já está escrito A-D, o que quer dizer que André jogará contra Domingos. Usa uma linha para cada partida do jogo de Ping-Pong.

Segunda Pergunta:

Podes dizer, apenas a partir de um cálculo mental, quantas partidas de Ping-Pong haveriam, se a quantidade de crianças fosse 7 ao invés de 6? *Não vale anotar as combinações.*

Anote a resposta no quadro que se encontra na folha de respostas.

PROBLEMA 5: O RESTAURANTE CHINES

Imagina que vais almoçar em um restaurante chinês junto com os teus pais. São quatro pessoas e cada uma pede um prato diferente, para que todos possam provar este tipo de comida, que é novo para todos. Os quatro pratos são: camarão com abacaxi, lagostins assados, porco agriçoce e rolinho primavera.

Os quatro pratos são servidos ao mesmo tempo. Em que ordem é possível comer os quatro pratos? Indica todas as ordens possíveis, designando cada prato pela primeira letra do seu nome e anotando a ordem nas linhas da folha de resposta.

Por exemplo: se te serves primeiro de lagostim, depois rolinho, depois porco e por último camarão, debes escrever na folha de respostas L-R-P-C. Esta combinação já está anotada na folha de respostas.

Utilize uma linha para cada combinação.

PROBLEMA 6: OS NOVOS NEGÓCIOS

Uma padaria, um armazém, uma confeitaria e uma livraria vão se instalar em quatro novos locais. Cada um deles pode escolher qualquer um dos locais. Diga quais são todas as maneiras possíveis de ocupar os locais.

Por exemplo: vais encontrar na folha de respostas P-A-C-L, o que significa que a padaria ficará no primeiro lugar, o armazém no segundo, a confeitaria no terceiro e a livraria no quarto.

Escreva na folha de respostas todas as outras formas possíveis de ocupação, uma em cada linha.

APÊNDICE C - MANUAL DA PROVA T.O.F.P

Objetivos:

Determinar o nível de desenvolvimento das operações formais em relação a lógica de probabilidades ou proporções.

Critérios de Correção

- Atribuir um ponto por resposta correta.
- Não pontuar o primeiro problema, pois este serve de exemplo.
- Pontuação máxima de 9 pontos.

TOFP

Problema	Estrutura Operatória	Operação lógica necessária	Respostas corretas
1.	Concreta	Raciocinar sobre os casos favoráveis ou sobre os casos desfavoráveis	A
2.	Concreta	Idem ao problema 1	B
3.	Concreta	Idem ao problema 1	A
4.	Concreta	Idem ao problema 1	B
5.	Pré-formal	Estabelecer comparações entre proporções menos complicadas porque um dos numeradores leva a unidade	C
6.	Formal	Comparar proporções com numeradores e denominadores diferentes. Estabelecer relações sobre relações, isto é, operações de 2º grau.	C
7.	Formal	Idem ao problema 6	C
8.	Formal	Idem ao problema 6	D
9.	Formal	Idem ao problema 6	D
10.	Pré-formal	Idem ao problema 5	A

Níveis de Desenvolvimento

Pontos	Estágio Operatório
0 – 3	Concreto: o sujeito não resolveu nenhum problema formal ou pré-formal
4 – 5	Pré-formal: o sujeito resolveu além dos problemas concretos, um formal ou pré-formal
6 – 9	Formal: o sujeito resolveu todos os problemas concretos, os dois pré-formais e, no mínimo, um formal

TESTE 3

TESTE DE OPERAÇÕES FORMAIS DE PROBABILIDADES

Você vai resolver uns problemas que se parecem com os de Matemática. Entretanto, para resolvê-los não será necessário fazer cálculos. Você deve resolvê-los mentalmente.

Leia o enunciado dos problemas. Abaixo deles, encontrará várias soluções diferentes. **Apenas uma destas soluções é a correta**, as outras são falsas. Você terá que identificar a resposta correta e registrá-la na folha de respostas.

O primeiro problema é um exemplo, vamos analisá-lo juntos:

EXEMPLO: PROBLEMA 1:

Cláudio e Jaime jogam cartas, em um jogo chamada A Batalha. Neste jogo, cada jogador recebe metade das 32 cartas, dispostas em um monte à frente de cada jogador, com a face voltada para baixo. As cartas não podem ser vistas.

Cada jogador vira a carta de cima do monte e o jogador que tiver a carta mais alta, fica com a sua carta e a do oponente. O jogo continua até que um dos jogadores tenha todas as cartas. Este jogador será considerado o vencedor da partida.

No começo da partida, Cláudio e Jaime tem, cada um, 16 cartas. Dentre as 16 cartas de Cláudio estão 3 reis e no monte de Jaime existe 1 rei.

Qual dos jogadores tem maior chance de tirar um rei na jogada seguinte?

- a) Cláudio, porque tem 3 reis dentre suas 16 cartas.
- b) Jaime, porque tem 1 rei dentre suas 16 cartas.
- c) As chances para Cláudio e Jaime são iguais, porque ambos têm 16 cartas.

*Os dois garotos têm o mesmo número de cartas, mas considerando que Cláudio tem 3 reis e Jaime apenas um, dentre as suas 16 cartas, conclui-se que Cláudio tem mais chances de tirar um dos seus reis na próxima jogada. Marque a opção **A** na folha de respostas.*

PROBLEMA 2:

Em outro momento da partida, Cláudio tem 2 Ases e 22 cartas no seu monte. Jaime tem 2 Ases e 10 cartas no seu monte.

Qual jogador tem mais chance de tirar um As primeiro?

- a) Cláudio, porque tem mais cartas do que Jaime.
- b) Jaime, porque tem apenas 10 cartas, contando os seus Ases.
- c) Cláudio e Jaime tem a mesma chance, porque ambos têm 2 Ases.

PROBLEMA 3:

No sítio do Padre Leonardo tem 15 vacas, das quais 7 são pretas e 8 marrons. No sítio do Padre Mateus também tem 15 vacas, mas 5 são pretas e 10 são marrons. Cada um dos sítios é rodeado por uma cerca. As porteiras das cercas não deixam passar mais de uma vaca por vez. Quando o Padre Leonardo e o Padre Mateus abriram as porteiras ...

De qual das cercas há mais chance de sair a primeira vaca preta?

- a) Do sítio do Padre Leonardo, porque tem 7 vacas pretas entre as suas 15 vacas.
- b) Do sítio do Padre Mateus, porque tem 5 vacas pretas entre as suas 15 vacas.
- c) As chances são iguais, porque ambos têm 15 vacas.

PROBLEMA 4:

Os operários de uma fábrica saem do serviço as 6h da tarde. Pela porta da esquerda da fábrica vão sair 31 pessoas: 22 homens e 9 mulheres. Pela porta da direita da fábrica sairão 27 pessoas: 18 homens e 9 mulheres.

Por qual das portas há mais chances de ver sair a primeira mulher?

- a) Pela porta da esquerda, porque por ali sairão mais pessoas.
- b) Pela porta da direita, porque por ali sairão menos homens.
- c) As chances são iguais, porque em ambas as portas sairão 9 mulheres.

PROBLEMA 5:

Na hora do recreio se formam três grupos para jogar bola. No primeiro grupo tem 5 alunos e uma bola. No segundo grupo tem 6 alunos e 2 bolas. No terceiro grupo tem 12 alunos e 3 bolas.

A qual grupo vale mais a pena se juntar, de modo a pegar a bola com mais frequência?

- a) É melhor entrar no terceiro grupo, porque este tem mais bolas do que os outros grupos.
- b) É melhor entrar no primeiro grupo, porque este tem menos alunos do que os outros grupos.
- c) É melhor entrar no segundo grupo, porque este tem menos alunos em relação ao número de bolas.
- d) Não é possível decidir, porque o segundo grupo tem uma bola a mais e um aluno a mais do que o primeiro e o terceiro grupos, que tem mais alunos.

PROBLEMA 6:

Em uma garagem estão guardados 24 veículos: 4 caminhonetes e 20 carros de turismo. Numa segunda garagem estão guardados 54 veículos: 9 caminhonetes e 45 carros de turismo. Na terceira garagem estão guardados 36 veículos: 6 caminhonetes e 30 carros de turismo.

Por qual das garagens existe mais chance de sair a primeira caminhonete?

- a) Da terceira garagem, porque tem mais caminhonetes e menos carros de turismo do que a segunda garagem.
- b) Da primeira garagem, porque é a que tem menos carros de turismo.
- c) Não importa de qual garagem, porque nas três tem o mesmo número de caminhonetes em relação ao número total de veículos.

PROBLEMA 7:

Os alunos de três cursos têm o mesmo professor de Matemática e fazem a mesma prova trimestral.

Na turma 6A, com 30 alunos, 20 obtiveram aprovação e 10 foram reprovados.

Na turma 6B, com 42 alunos, 22 obtiveram aprovação e 20 foram reprovados.

Na turma 6C, com 20 alunos, 12 obtiveram aprovação e 8 foram reprovados.

Segundo estes resultados, qual das turmas tem o maior nível?

- a) A turma 6C, porque nela apenas 8 alunos foram reprovados.
- b) A turma 6B, porque nela está o maior número de alunos aprovados.
- c) A turma 6A, porque nela está o maior número de alunos aprovados em relação aos reprovados.
- d) As turmas 6A, 6B e 6C tem o mesmo nível em matemática, porque nas três turmas o número de alunos aprovados é maior do que o número de alunos reprovados.

PROBLEMA 8:

Em uma feira, Pedro comprou um número de rifa. Nesta feira foram vendidos 25 números, dos quais 5 ganharam prêmios e 20 não ganharam nada. A irmã de Pedro, Hilda, comprou um número em outra rifa. Nesta rifa foram vendidos 10 números, dos quais 2 ganharam e 8 perderam. A outra irmã de Pedro, Doris, comprou um número de uma terceira rifa. Nesta rifa foram vendidos 40 números, dos quais 8 ganharam e 32 perderam.

Qual dos três irmãos teve mais chances de ter comprado um número ganhador?

- a) Doris, porque na sua rifa haviam mais números ganhadores.
- b) Hilda, porque na sua rifa haviam menos números perdedores.

- c) Pedro, porque na sua rifa haviam mais números ganhadores do que na rifa de Hilda e menos números perdedores do que na rifa de Doris.
- d) As chances dos três irmãos terem comprado um número ganhador eram iguais, porque nas três rifas havia o mesmo número de ganhadores em relação a quantidade de perdedores.

PROBLEMA 9:

João, Cláudio e Ana ganharam cada um, um pacote de doces. No pacote de Cláudio haviam 7 caramelos e 21 balas de menta. No pacote de João haviam 4 caramelos e 12 balas de menta. No pacote de Ana haviam 6 caramelos e 18 balas de menta.

Qual das três crianças tem mais chances de tirar um caramelo do pacote de doces?

- a) João, porque no seu pacote tem menos balas de menta.
- b) Cláudio, porque no seu pacote tem mais caramelos.
- c) Ana, porque no seu pacote tem mais caramelos do que o pacote de João e menos balas de menta do que o pacote de Cláudio.
- d) As três crianças têm as mesmas chances, pois nos três pacotes tem o mesmo número de camelas em relação ao número de balas.

PROBLEMA 10:

Três grupos de crianças de uma colônia de férias vão nadar, acompanhados e supervisionados por seus professores.

O primeiro grupo compreende 14 pessoas: 12 crianças e 2 professores.

O segundo grupo compreende 8 pessoas: 7 crianças e 1 professores.

O terceiro grupo compreende 24 pessoas: 21 crianças e 3 professores.

Qual dos três grupos está sendo melhor supervisionado?

- a) O primeiro grupo, porque eles têm mais professores em relação ao número de crianças.
- b) O segundo grupo, porque tem menos crianças para supervisionar.
- c) O terceiro grupo, porque tem mais professores para supervisionar as crianças.
- d) Os três grupos estão sendo igualmente supervisionados, pois o primeiro tem 2 professores dentre as 14 pessoas, ou seja, um professor para cada 7 pessoas. O segundo tem um professor para 7 crianças. No terceiro tem 3 professores para 21 crianças, ou seja, um professor para 7 crianças.

APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG número _____ e telefone de contato número _____ aceito participar de um estudo denominado, **Educação Orientada a Inovação** cujo objetivo é estudar o desenvolvimento cognitivo dos participantes de projetos envolvendo criatividade e tecnologias digitais dentro de um espaço maker.

A minha participação no referido estudo será no sentido de realizar as atividades de criação propostas, registrar o andamento destas atividades e conceder entrevistas ou responder testes e questionários que se façam necessários para a pesquisa. Fui alertado de que poderei ser fotografado e filmado durante a execução das atividades e durante os diálogos com o pesquisador. Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Estou ciente também de que o risco desta pesquisa é mínimo. Pode acontecer de que o participante venha a se sentir frustrado caso não se observe resultado após a realização das atividades propostas. Por outro lado, sei também de que, ao participar desta pesquisa, serei beneficiado pelas atividades propostas, as quais visam o desenvolvimento de mecanismos cognitivos importantes para os processos de construção do conhecimento.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de que, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo. A pesquisadora responsável pelo referido projeto é a **Profa. Karen Selbach Borges** do IFRS-POA e com ela poderei manter contato pelo email karen.borges@poa.ifrs.edu.br.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas conseqüências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do IFRS através do email cepesquisa@ifrs.edu.br

Porto Alegre, _____ de _____ de 2016

Assinatura do sujeito da pesquisa

Karen Selbach Borges

Pesquisadora responsável

APÊNDICE E - RECURSOS DISPONÍVEIS NO POALAB

Impressora 3D

A Figura 66 apresenta o modelo de impressora que o POALab possui. Essas permitem a construção de objetos plásticos com dimensões de até 20cm x 20cm x 20cm, a partir de arquivos 3D.

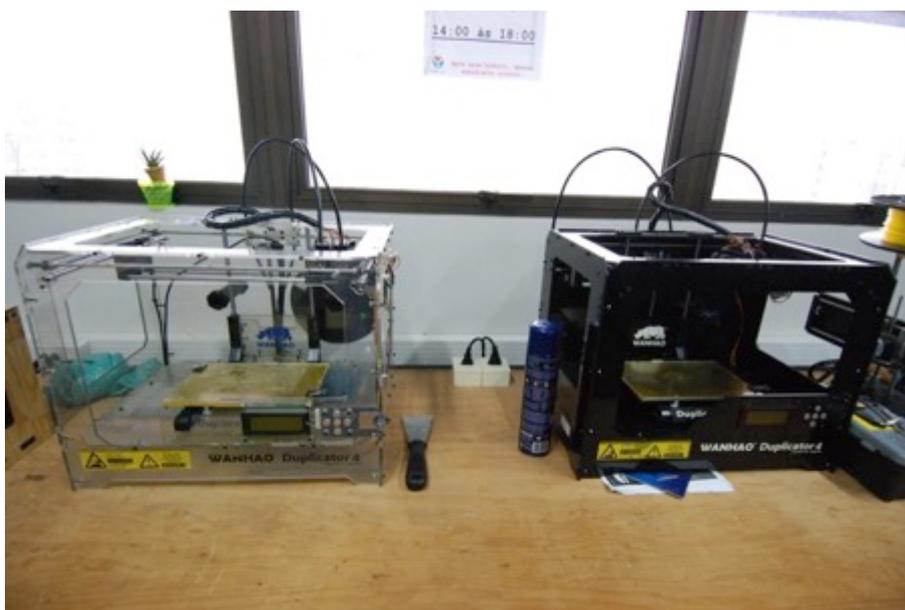


Figura 66 - Impressoras 3D disponíveis no POALab

Existem, hoje, impressoras 3D dos mais variados tipos, sendo que as mais comuns são as que trabalham por deposição de materiais que, no caso do plástico, se apresenta na forma de filamentos do tipo PLA (ácido polilático) ou ABS (acrilonitrila butadieno estireno). O Quadro 12 mostra um comparativo entre os dois tipo:

Quadro 12 - Comparativo entre os materiais ABS e PLA ¹⁶

	ABS	PLA
Composição	Petróleo	Amido vegetal
Propriedades	Durável, forte, ligeiramente flexível e resistente ao calor	Resistente e forte
Temperatura de Extrusão	210-250 ° C	160-220 ° C
Pós-processamento	Fácil de lixar; fácil de colar; acabamento com acetona	Pastoso para lixar; difícil colagem

¹⁶ Adaptado de <http://blog.escoladeimpressao3d.com.br/qual-e-a-diferenca-entre-abs-e-pla+227315>

	ABS	PLA
Pros	Muito resistente e durável; mais flexível – mais fácil trabalhar; adequado para peças de máquinas; o aumento da expectativa de vida; ponto de fusão mais elevado	Pode ser impresso em uma superfície fria; tem aparência mais brilhante e suave; maiores velocidade de impressão; mais rígido; peças impressas com mais detalhe; oferece a opção de filamentos com cores translúcidas; nem sempre necessita de mesa aquecida; cheiro adocicado
Contras	Mais difícil de imprimir; necessário mesa aquecida; propenso a rachaduras se a peça esfriar muito rapidamente; cheiro mais forte	Pode deformar devido ao calor; menos resistente; mais frágil; ponto de fusão baixo

O funcionamento da impressora é relativamente simples. A revista TecMundo¹⁷, nos oferece a seguinte explicação:

O injetor de material aquece e puxa uma espécie de filamento plástico que fica enrolado em uma bobina, como se fosse um rolo de barbante. Conforme o mecanismo derrete o material, ele o injeta em uma base, movimentando-se nos eixos X e Y para criar as camadas. Assim que uma camada fica pronta, a base — fixa no eixo Z — desce alguns milímetros e o mecanismo procede com a criação da próxima camada até que o objeto fique pronto. Esse processo pode levar de poucos minutos até algumas horas; o que vai determinar esse tempo é a complexidade do modelo impresso e, é claro, a qualidade da impressora.

Os arquivos com os modelos tridimensionais são do tipo .stl e podem ser gerados em ferramentas como Tinkercad, Blender, Autocad, FreeCad, entre outros. Depois de prontos, os modelos tridimensionais precisam ser transformados em uma série de comandos, os quais serão interpretados pelo *firmware* da impressora 3D. Assim, um arquivo .stl deve ser convertido em .gcode e posteriormente para .x3g.

G-Code atende por "Geometric Code", e não é diferente de qualquer linguagem de um CNC (Comando numérico computadorizado), em essência. Cada linha diz à impressora o que fazer naquele exato instante. Usando o G-code, um computador diz à impressora quando depositar material, quando parar, a que velocidade/temperatura, para onde mover a cabeça de impressão, esse tipo de coisa (Impresso3D¹⁸)

¹⁷ <https://www.tecmundo.com.br/impressora-3d/38826-como-funciona-uma-impressora-3d-ilustracao-.htm>

¹⁸ <https://www.impresso3d.com.br/2017/05/tutorial-sobre-g-code-parte-1.html>

Vários softwares permitem, de forma fácil e rápida, definir as configurações mais comuns a todos os tipos de impressora, tais como: espessura do filamento, temperatura de extrusão, tipo e porcentagem de preenchimento da peça, velocidade de impressão, espessura da camada a ser depositada e se há ou não necessidade de suporte para a peça. A Figura 67 apresenta um exemplo de código do tipo .gcode.

```
G0 X12           ; move o eixo X para a posição 12,5mm
G0 F1500        ; ajusta a velocidade para 1500mm/minuto
G1 X90.6 Y13.8 E22.4 ; move o eixo X para 90.6mm e o eixo Y para 13.8mm
                  enquanto deposita 22.4mm de material
```

Figura 67 - Exemplo de código .gcode

Entretanto o *firmware* das impressoras não é capaz de ler esse formato de arquivo. Assim, é necessário convertê-lo para o formato .x3g, (*MakerBot MakerWare Document*) padrão criado pela *MakerBot Industries*, líder mundial na fabricação de impressoras 3D. Para fazer essa série de conversões podem ser utilizados softwares como Cura, ReplicatorG, Slic3r, KisSlicer, entre outros.

Sobre a densidade, é importante saber que ela determinará a quantidade de “favos” que serão criados para dar resistência à peça plástica. A Figura 68 mostra, para fins de comparação, uma peça impressa com porcentagens de preenchimento diferentes.

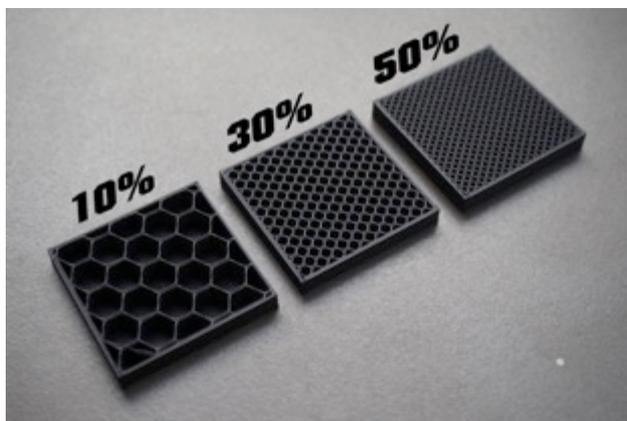


Figura 68 - Comparativo entre as diferentes porcentagens de preenchimento

(Fonte: blog.cammada.com/2017/02/10/impressao-3d-descomplicada-infill)

Observa-se que quanto maior a porcentagem de preenchimento, maior a quantidade de favos, o que reflete em uma maior quantidade de material em uma determinada área, aumentando assim a densidade. Os favos são um dos padrões de preenchimento disponibilizados pelo software de fatiamento. A Figura 69 mostra outros padrões disponíveis. Dependendo do padrão de preenchimento escolhido, variáveis como tempo de impressão, quantidade de material e resistência da peça plástica, serão afetadas.

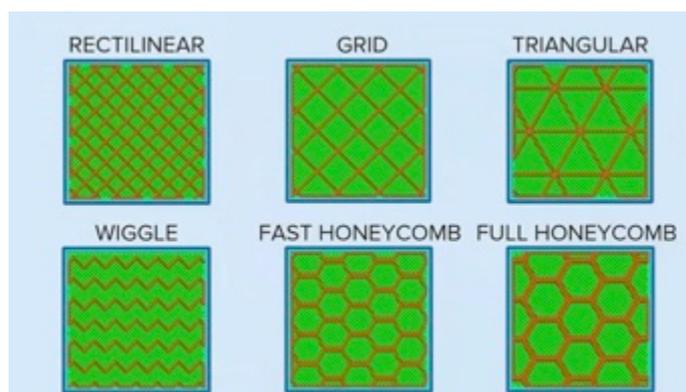


Figura 69 - Outros padrões de preenchimento

(Fonte: <https://davidghidinelli.wordpress.com/2016/03/18/research-proposal/maxresdefault-2/>)

Cortadora Laser

O modelo que o POALab possui (Figura 70) permite o recorte de madeira, MDF, acrílico, couro e acetato, de até 40cm x 60cm, a partir de um arquivo vetorial no formato .plt.



Figura 70 - Cortadora laser disponível no POALab

O arquivo .plt deve ser importado no software gerenciador da cortadora, através do qual são feitas as configurações que irão determinar se o efeito a ser obtido será de corte, marcação leve ou marcação com afundamento. O Quadro 13 mostra as especificações para MDF de 3mm, o tipo mais frequentemente utilizado.

Quadro 13 - Especificações para material do tipo MDF

Material	Efeito	Velocidade	Pot. Min	Pot. Máx
MDF 3mm	Corte	26 mm/s	75%	85%
MDF 3mm	Marcação com afundamento	400 mm/s	60%	70%
MDF 3mm	Marcação leve	400 mm/s	25%	35%

Através do software gerenciador da cortadora é possível, também, determinar a ordem em que os efeitos são aplicados, ou seja, é possível definir em qual parte do desenho vetorial em que a máquina deve trabalhar primeiro e qual o tipo de efeito deve ser aplicado. Assim pode-se determinar que uma imagem deve ser primeiro gravada para depois ser recortada da chapa de MDF, por exemplo.

Plotter de Recorte

O modelo disponível no POALab (Figura 71) permite o corte de adesivos de vinil, papel, EVA, etc., com até 60 cm de largura a partir de arquivos vetoriais. Os arquivos .svg podem ser gerados em ferramentas de desenho vetorial como Adobe Illustrator, Inkscape, EasyDraw, entre outros. O equipamento é conectado ao computador via USB e reconhecido, por esse, como se fosse uma impressora. Assim, depois do desenho pronto, basta acionar a opção de imprimir e selecionar na lista de impressoras disponíveis, aquela correspondente a plotter de recorte.

Dependendo da gramatura do papel ou da espessura do vinil, é necessário que se faça ajustes em relação a força e a velocidade do corte. Esses ajustes são feitos diretamente no equipamento, sem a necessidade de um software intermediário como no caso da cortadora laser ou da impressora 3D.



Figura 71 - Plotter de recorte disponível no POALab

Extrussora de Plástico

A Figura 72 apresenta o modelo de extrusora disponível no POALab. Esse equipamento tem a capacidade de fabricar filamento para impressora 3D a partir de pedaços de plástico provenientes de descarte.



Figura 72 - Extrussora disponível no POALab

Fresadora de Precisão

A Figura 73 apresenta o modelo de fresadora disponível no POALab. Esse equipamento permite a usinagem de madeira, MDF, acrílico, placas de cobre para confecção de placas de circuitos eletrônicos, etc., com até 20cm x 25cm x 15cm a partir de arquivos vetoriais ou do tipo .gcode.



Figura 73 - Fresadora de precisão disponível no POALab

APÊNDICE F - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES SOBRE A ATIVIDADE COM SUCATA

Questão 1 - O que faz com que o teu barco seja mais rápido (ou mais lento) do que o barco do colega? O Quadro 14 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 14 - Respostas à questão 1 sobre a atividade com sucata

Sujeito	Fatores
Eliana	leveza do material, formato do barco, disposição e formato das velas.
Giovana	Nosso barco foi menor e utilizamos materiais leves, como: isopor para o casco, plástico para as velas e etc...
Julia	peso do barco e eficiência da vela
Marcus	“tamanho em relação ao peso” e disposição das velas.
Mirian	peso, material das velas e “como elas foram colocadas”.
Pilar	peso da vela, na sua posição e no “fato de ela estar fixa”.
Pamela	peso
Paulo	design, afirmando que “meu barco foi mais lento que a maioria porque foquei muito em querer fazer um barco à vela mais próximo à realidade, e não apenas uma base com uma área que seja empurrada com o vento”.

Questão 2 - Justifique a escolha dos materiais para o seu projeto. O Quadro 15 apresenta as justificativas de cada sujeito.

Quadro 15 - Respostas à questão 2 sobre a atividade com sucata

Sujeito	Justificativas
Eliana	Que os materiais fossem leves
Giovana	O isopor por ser um material leve para a calha de teste, sendo a mesma pequena. Optamos pelo plástico por ser também leve para as velas, melhor para o vento do ventilador e para o casco do barco aguentar.
Julia	A escolha foi “inicialmente pela forma e densidade”. Perguntei no que a densidade influenciava e ela responde dizendo que influencia “no quanto ele flutua e no quão veloz ele é, o barco deve ser leve, quanto menor a densidade menor o peso em determinada área.
Marcus	A caixa de suco foi escolhida para ser o corpo do barco porque “é preparado para conter líquidos então não estraga com a água”
Mirian	Justifica o uso de um pote de isopor para o casco “por sabermos que seria leve, boiaria bem e pelo formato que tinha não seria fácil de ele virar”. Para as velas usaram um envelope de plástico “que era leve e firme para aguentar o vento”.
Pilar	Escolheu uma caixa de suco “por achar que seria um material

	impermeável” e tecido para a vela “por achar ela leve”
Pamela	“Para o casco escolhemos a caixa de leite que é um material leve e não estraga quando está em contato com a água. Os palitinho de picolé e hashi foram escolhidos por serem materiais que não pesam no barquinho”
Paulo	“Os materiais escolhidos não tiveram muitos critérios, sendo preferidos os materiais leves, porém volumosos, para que houvesse superfície de contato no vento e na água boa e não precisasse de muito esforço”

Questão 3 - É possível que um barco maior do que o teu seja mais rápido ? O Quadro 16 apresenta as respostas de cada um dos sujeitos.

Quadro 16 - Respostas à questão 3 sobre a atividade com sucata

Sujeito	Resposta
Eliana	Respondeu que sim, dependendo “do formato e material ele é feito”
Giovana	Respondeu que sim, “se for feito de material leve este chega com o valor maior antes no ponto final”.
Julia	Respondeu que sim, “desde que seja mais leve e eficiente”
Marcus	Respondeu que sim, “dependiando do tamanho das velas em nosso caso ou potência do motor em caso de otro modelo de barco”
Mirian	Respondeu que sim, “pois pode ser mais leve”
Pilar	Respondeu que sim e determina como fator fundamental a vela
Pamela	Respondeu que sim, “desde que não leve tanta carga”
Paulo	Respondeu que sim desde que “projetado com materiais mais leves, com um formato mais hidrodinâmico/aerodinâmico e velas melhores, estas tendo um formato onde capture melhor o vento e sejam mais rápidas de manobrar”.

Questão 4 - Suponha que o seu barco suporte, além do próprio peso, mais 10 Kg. Quer dizer que seu colocar 11 kg ele vai afundar? O Quadro 17 apresenta as respostas de cada um dos sujeitos

Quadro 17 - Respostas à questão 4 sobre a atividade com sucata

Sujeito	Resposta
Eliana	Respondeu não, pois “ao se calcular estruturas usamos um coeficiente de segurança para eventos do tipo, o ideal é não usar os 11kg, mas dificilmente afundaria, ficaria mais lento.”
Giovana	Respondeu que achava que não, “mas ficará muito lento e poderá ficar atracado no cais.”
Julia	Respondeu que “pode afundar, pois saiu da margem de segurança estabelecida.”
Marcus	Respondeu não, que “poderia influir no trabalho menos velocidade menos capacidade de manobra mas afundar não.”
Mirian	Respondeu que talvez, mas que não saberia dizer “exatamente o que pode acontecer sem antes testar”

Pilar	Respondeu que não, que “talvez esse Kg a mais bem espalhado não faça o barco afundar, isso se falarmos num protótipo, se for um barco de verdade, é melhor respeitar os limites calculados”
Pamela	Respondeu que “ele vai afundar se a carga não for armazenada de maneira que não se movimente, e será necessário retirar os banquinhos. Se não, ele não irá afundar.”
Paulo	Respondeu que não. “Acredito que apenas fique menos estável para navegação e que seja calculada uma margem de segurança para capacidade de carga”

APÊNDICE G - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES SOBRE O USO DAS FERRAMENTAS DE FABRICAÇÃO DIGITAL

Questões Sobre Corte a Laser

Questão 1 - Para um corte preciso em MDF, o que precisa ser configurado corretamente? Essa questão tinha por objetivo verificar a capacidade dos sujeitos de identificar as variáveis envolvidas no problema, a saber: potência máxima e mínima do laser e velocidade de corte, que variam conforme o tipo de material, a sua espessura e o efeito desejado (corte, gravação leve ou gravação com aprofundamento). Além disso, é necessário configurar a ordem em que os efeitos deverão ser aplicados a peça. O Quadro 18 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 18 - Respostas à questão 1 sobre corte a laser

Sujeito	Resposta
Eliana	Precisamos saber a espessura do MDF, para configurar o quanto o laser deve cortar, se mais fundo ou mais leve. Nós importamos o arquivo em vetor que fizemos ou baixamos da internet, no programa do cortador nós precisamos selecionar cada linha e dizer qual vai ser a espessura do corte.
Giovana	Resposta: Antes de tudo o desenho deve ser a partir de desenhos vetorizados, deixar o desenho mais limpo possível e evitar sobreposições de linhas. As linhas devem estar configuradas para a espessura mínima Karen - explique melhor o que voce quer dizer com "as linhas devem estar configuradas para a espessura mínima". Grazi - para a imagem ficar limpa, sem sobreposições e assim evitando o desperdício de material. Usar as camadas pra definir como o desenho será cortado ou gravado: 1º marcação 2º corte interno 3º corte externo. Também cuidar a espessura do MDF.
Julia	No momento de realizar o corte em MDF é necessário escolher com atenção as áreas onde ocorrerão recorte (linhas vermelhas) e onde ocorrerão apenas marcações. A temperatura de laser deve ser regulada adequadamente afim de não queimar o material e conseguir efetivamente realizar o recorte. Para materiais de 3mm utilizamos potência de 75 a 85% e velocidade de 26mm/s
Marcus	Para um corte preciso em MDF deve ser configurado a Potência do laser e a velocidade. Para gravar é outra configuração com medidas diferentes.
Mirian	Não sei exatamente. Quando usei essa impressora precisei da ajuda de um dos colegas, mas ele não me disse bem o que estava fazendo.
Pilar	Velocidade mm/s e potência (mínima e máxima) Definir quais vectores serão de desenho ou marcação e quais serão os vectores de corte.

	Ligar a cortadora a Laser, ajustar o foco da caneta do Laser, dependendo da espessura o material que iremos utilizar. Posicionar com o botão ORIGIN o local onde a máquina irá realizar o trabalho e dar o comando no computador para a máquina iniciar o trabalho clicando no comando START
Pamela	As potências mínimas e máximas e a velocidade
Paulo	Para um corte preciso em MDF, precisamos levar em conta 2 parâmetros: a potência mínima e máxima do laser e a velocidade de deslocamento dele. A potência deve ser um intervalo de mín~máx para que a cortadora laser consiga equilibrar o feixe enquanto acelera e desacelera. E claro, a imagem vetorial deve ter suas camadas bem definidas (e não camadas que sobrepõem-se), para que no software da máquina possamos hierarquizar a ordem de corte/marcação e suas intensidades e velocidades.

Questão 2 - Qual a relação da distância do laser até a peça, com o resultado do corte? Essa questão tinha por objetivo avaliar a capacidade dos sujeitos de estabelecer uma relação causa-consequência e apresentar a elaboração de um raciocínio lógico, como por exemplo “se o foco do laser estiver muito afastado do MDF, então é possível que não corte, uma vez que a energia do laser não ficará tão concentrada na área de corte. Talvez isso pudesse ser corrigido aumentando a potência do laser”. O Quadro 19 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 19 - Respostas à questão 2 sobre corte a laser

Sujeito	Resposta
Eliana	Acho que a distância é sempre a mesma, o que muda no resultado é a potência e a velocidade de corte.
Giovana	G - Em torno de 9mm. K - O que aconteceria se a distância do laser até a peça fosse maior ou menor do que 9mm ? G - Se estivesse mais distante o laser teria mais dificuldade para cortar/marcar a peça.
Julia	J - Não sei. K - O que pode acontecer se a distância do laser até a peça for grande ou pequena ? J - Afetará o desempenho do corte. Não cortando ou queimando a peça se muito longe ou muito perto, respectivamente
Marcus	La relación de distancia del laser hasta la pieza, es la precisión del corte, a mayor distancia existiría deformación en el corte ya que no sería tan preciso.
Mirian	Tem uma medida exata de 1 cm de altura se não me engano. Não pode ficar muito longe nem muito perto. Muito longe espalha muito a luz do laser e pode não cortar. E muito perto o laser fica todo concentrado num pequeno espaço, e isso pode fazer pegar fogo.
Pilar	A relação depende dos mm da peça acho que quanto mais milímetros para cortar, mais potência terá que ser empregada e por isso precisará ficar mais afastada do material.

Pamela	Quanto mais longe, menos efetivo será o corte, ou seja, ele irá só desenhar ao invés de cortar.
Paulo	A relação da distância do laser e o resultado do corte é o foco. Quanto mais distante, menos foco terá o laser e mais “bruto” será o corte

Questão 3 - Para cortar papelão de 4mm é necessário ajustar potência mínima para 40%, potência máxima para 60% e velocidade para 100 mm/s. O que você acha que poderia acontecer se diminuíssemos a velocidade para 50 mm/s ? O objetivo dessa questão era verificar se os sujeitos eram capazes de elaborar um raciocínio, sobre uma situação hipotética envolvendo proporcionalidade, como por exemplo: se reduz a velocidade, o calor gerado pelo laser aumenta no seu ponto de incidência podendo inclusive, no caso do papelão, queimá-lo. O Quadro 20 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 20 - Respostas à questão 3 sobre corte a laser

Sujeito	Resposta
Eliana	Com a velocidade reduzida as bordas poderiam ficar mais escuras, por ficar mais tempo em contato com a superfície, com a mesma potência.
Giovana	Creio eu que pegaria fogo no papelão. Observei que quando fiz meu brinco (de caveiras), a potência não estava bem ajustada e pude ver labaredas de fogo, causados pelo laser, se no mdf a peça já ficou escura imagino que no papelão pegue fogo.
Julia	Quanto maior a velocidade menos irá cortar devido ao tempo inferior de exposição, por esta razão, espessuras maiores exigem menor velocidade.
Marcus	Si disminuimos la velocidad el láser va estar mas tiempo en contacto con una parte de la superficie y podría quemarse.
Mirian	Acredito que talvez pegasse fogo ou ficaria mais grosso o corte. Mas como estamos falando de papelão, então acho que pegaria fogo.
Pilar	Pode não cortar e pode até queimar o papelão por ficar mais tempo detido na peça (50% do parâmetro é muito)
Pamela	O laser vai ficar mais tempo no ponto desejável o que pode ocorrer diferença do resultado desejado, isso é, estragar o objeto.
Paulo	Se diminuíssemos a velocidade, queimaria mais ainda o papelão.

Questão 4 - Para cortar MDF a potência mínima tem que ser de 75% e a máxima de 85%. Se o MDF for de 3mm a velocidade deve ser ajustada para 26mm/s e se for de 9mm a velocidade deve ser ajustada para 5 mm/s. Explique porque a variação de velocidade. Essa questão tinha por objetivo verificar se os sujeitos faziam uso do esquema de compensação (representado na forma da proposição “se aumenta a espessura, mantendo a

mesma potência, então é necessário diminuir a velocidade”). O Quadro 21 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 21 - Respostas à questão 4 sobre corte a laser

Sujeito	Resposta
Eliana	Quando a espessura da madeira aumenta a capacidade de corte com a mesma potência diminui, ficando mais lento o corte. Se mantivéssemos a mesma velocidade o mdf de 9mm poderia não ser cortado, apenas desenhado na sua superfície.
Giovana	Pela espessura de ambas.
Julia	Quanto maior a velocidade menos irá cortar devido ao tempo inferior de exposição, por esta razão, espessuras maiores exigem menor velocidade
Marcus	Es por que la velocidad es inversamente proporcional a la espesura del MDF, menos espesura mayor velocidad, mayor espesura menor velocidad , el láser va tener que trabajar más con el corte más profundo.
Mirian	Por causa da espessura. Para cortar um MDF mais grosso, é necessário um pouco mais de precisão, justamente por ele ser mais grosso. Aí acaba sendo em tempo de mm/s menor, o que torna o corte mais demorado. Isso porque a potência para cortar MDF em geral é uma única. Se fosse uma potência mais alta para MDF mais grosso, o tempo em mm/s seria maior, tornando assim o corte mais rápido. K - Você tem certeza disso ? refaz a última sentença - Isso porque a potência mínima e máxima para cortar MDF são exatas para cada espessura. Se fosse uma potência mais alta para MDF mais grosso, o tempo em mm/s seria maior, tornando assim o corte mais rápido. K - Se tempo em mm/s seria maior, como pode o corte ser mais rápido? M responde "Me enganei. Já ajeitei" e refaz a última sentença - Se fosse uma potência mais alta para MDF mais grosso, o tempo em mm/s seria maior, tornando assim o corte mais demorado.
Pilar	Quanto mais mm tiver a peça no caso de um MDF, de 9 mm a velocidade tem que reduzir, assim como a potência tem que aumentar pois vai ter que fazer mais esforço para cortar a peça.
Pamela	A velocidade varia por causa que o laser não pode ficar muito tempo no mesmo ponto, dependendo do mdf, ele pode somente desenhando, ou danificar muito o objeto, vivenciei isso quando fiz o timão do barco.
Paulo	Para que o laser possa cortar uma chapa mais grossa com a mesma potência, ele deve passar mais devagar, para que tenha tempo para atravessar a mais grossa.

Questões Sobre Impressão 3D

Questão 1 - O que precisa ser configurado antes de iniciar a impressão de uma peça ? Essa questão tinha por objetivo avaliar se os sujeitos conseguiam identificar as variáveis do problema. No caso das impressoras disponíveis no POALab, essas variáveis são: velocidade de impressão, espessura do filamento, porcentagem de preenchimento, temperatura da extrusora, necessidade (ou não) da criação de suportes para a impressão, e

a necessidade (ou não) de uma base sobre a qual é criada a peça plástica. O Quadro 22 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 22 - Respostas à questão 1 sobre impressão 3D

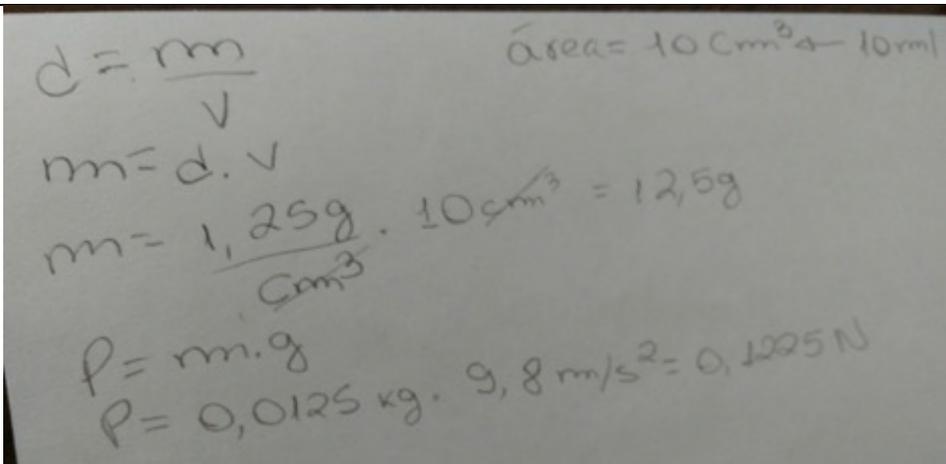
Sujeito	Resposta
Eliana	Precisa ser configurado de que bico extrusor vai sair o plástico, se vamos precisar de suporte para elementos que não tocam a base, a densidade que queremos na impressão. Depois é só pedir para o programa realizar o corte do desenho e imprimir. Também pode ser acionado um sistema de resfriamento na impressora que ajuda na fixação do plástico, secando ele mais rapidamente
Giovana	Não sei (pois não utilizei a impressora sozinha)
Julia	A densidade do material e as formas do material em si. A temperatura deve estar em 200°C para derreter o material adequadamente. K - O que tu entendes por densidade ? J - Densidade tem a ver com a concentração de algo em um determinado espaço ou volume. Em artes gráficas utilizamos para determinar a espessura de um filme de tinta sobre determinado impresso. Na química a quantidade de moléculas em 1 ml, etc.
Marcus	Precisa ser diseñado en el Tinkercad y exportado como std, luego en el software Repetier Host cargar el archivo verificar las dimensiones no mayor de 15 cm
Mirian	A porcentagem de preenchimento do PLA.
Pilar	Depois de algumas complicações com o projeto mudei para o barco impresso na impressora 3D. Tinha dificuldades com o programa Tinkercad, não estou muito familiarizada com ele, mas com muita calma e com as orientações da Karen fui achando os meus erros e tomando decisões que permitiriam que o projeto saia do papel, ou melhor, computador. Uma vez, pronto o projeto no Tinkercad, exportei ele para o Repetier host, ou abri o Repetier host e importei o meu projeto, no caso " el Barco". por se tratar de um test, resolvemos imprimir ele numa baixa densidade, pois não estávamos certos do qual seria o resultado final, marcamos então densidade 10%, Logo que a impressora começava a imprimir o projeto depois de uns segundos , começava a embolotar tudo, parei a impressão 3 vezes, depois de quebrar a cabeça tentando entender o que estava acontecendo, Karen, penso na possibilidade de, por causa do ar condicionado estar ligado, talvez seja questão de falta de calor, ajustada a temperatura do extrutor para 200, a impressão correu com normalidade, Antes disso ativei o suporte pois pelo formato do barco, a impressora precisaria de suporte, logo a seguir , cliquei em fatiar , concluída essa etapa, imprimir.
Pamela	Deve-se na hora do fatiamento colocar uma base para que o objeto não fique "flutuando", assim ele não irá derreter na hora da impressão.
Paulo	A peça deve ser exportada para a extensão .stl, devendo se atentar ao detalhe das dimensões da impressora. Após, deve ser convertido para a extensão .x3g. Na impressora, devemos ligar e pré-aquecer a mesa, assim como passa laquê para fixação da peça (nas de ABS) e fita de pintura (na de PLA).

Questão 2 - Sabemos que a densidade do PLA é de 1,25 g/cm³. Se uma peça tem área de 10cm²: 2.1) qual será o peso dessa peça se for

impressa usando PLA? 2.2) se a peça pesa 1,87 g, qual foi a % de preenchimento utilizada? Essa questão tinha por objetivo verificar se os sujeitos conseguiam desenvolver raciocínio hipotético e realizar operações de proporcionalidade.

Para a primeira parte da questão (2.1) era necessário que, antes de calcular o peso, o sujeito estabelecesse a hipótese de que, para o valor calculado, a peça deveria ter 100% de preenchimento. O Quadro 23 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

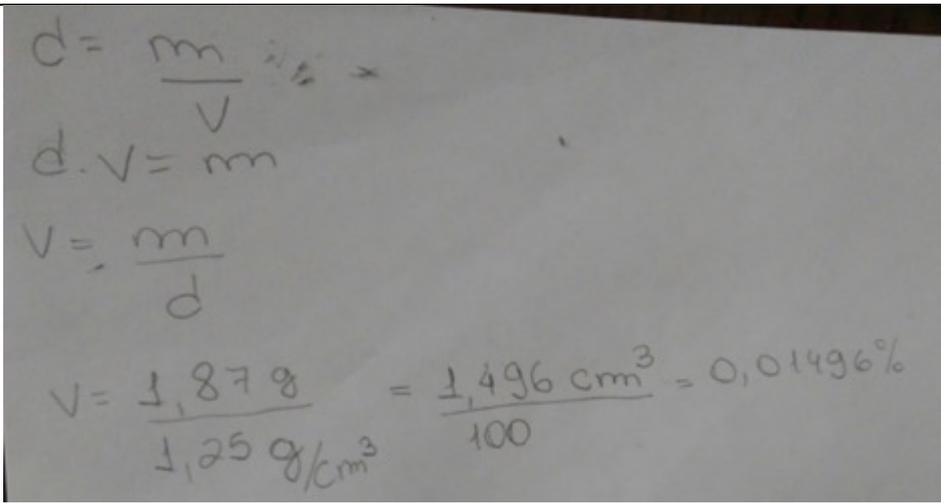
Quadro 23 - Respostas à questão 2.1 sobre impressão 3D

Sujeito	Resposta
Eliana	$1,25 \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3 = 12,5 \text{ g}$
Giovana	12 gramas e meia K- Como chegaste a estes valores ? Me mostra o teu raciocínio G - multipliquei por 10
Julia	125g. K - Como chegaste neste valor ? J - 1,25 g a cada CM cúbico, em 10 cm cúbico multiplica por 10 e a vírgula pula uma casa. Na verdade será 12,5g.
Marcus	Si es $1,25 \text{ g/cm}^3$ y tenemos 10 cm^3 seria 12,5 g
Mirian	$12,5 \text{ g/cm}^3$.
Pilar	$12,5 \text{ g/cm}^3$
Pamela	 <p>Eu utilizei essa fórmulas, pois como foi dado em g/cm^3 (Densidade) lembrei das aulas de química e de física que se utiliza a fórmula da densidade. E peso lembrei das aula de física, força peso, portanto utilizei $p = m \cdot g$;</p>
Paulo	12,5g (cheguei ao resultado com uma simples regra de 3)

Para a segunda parte da questão (2.2) era necessário que o sujeito estabelecesse um raciocínio proporcional a partir do resultado da questão anterior como, por exemplo “Considerando que uma peça com 100% de

preenchimento pesa 12,5g então uma peça com 1,87g deve ter sido preenchida com aproximadamente 15%”. O Quadro 24 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 24 - Respostas à questão 2.2 sobre impressão 3D

Sujeito	Resposta
Eliana	$Z \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3 = 1,87 \text{ g}$, $Z=0,187 \text{ g/cm}^3$ Se $1,25 \text{ g/cm}^3$ for considerado um preenchimento de 100%, $0,187 \text{ g/cm}^3$ seria aproximadamente 15% de preenchimento. $(0,187 \times 100) / 1,25$
Giovana	18,7% (também multipliquei por 10)
Julia	Acredito que 1,5%
Marcus	Si $1,25 \text{ g} \text{ ---- } 1 \text{ cm}^3$ $1,87 \text{ g} \text{ ---- } x \text{ cm}^3$ $x = 1,496 \text{ cm}^3$ Eu acho que 10% de preenchimento
Mirian	14.96%
Pilar	Muito pequena
Pamela	
Paulo	14,96% (cheguei ao resultado com uma simples regra de 3)

Questão 3 - Qual a relação da % de preenchimento com o custo de produção de uma peça? Essa questão tinha por objetivo verificar se os sujeitos conseguiam raciocinar em termos de causa-consequência, considerando que a consequência (custo) se desdobrava em variáveis que não estavam explícitas no problema e precisavam ser elaboradas por abstração reflexionante, a saber: quantidade de material, tempo e quantidade de energia elétrica. O Quadro 25 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 25 - Respostas à questão 3 sobre impressão 3D

Sujeito	Resposta
Eliana	A porcentagem do preenchimento é a quantidade de material usado para imprimir, ou seja, quantos g/cm ³ será utilizado. Quanto maior a porcentagem maior será o custo de uma peça por usar maior quantidade de material.
Giovana	81,3% (NÃO SEI QUANTO CUSTA O MATERIAL)
Julia	O % de preenchimento será determinante na quantidade de material utilizado e no tempo de impressão
Marcus	La relación del porcentaje de preenchimento con el costo de producción es mayor porcentaje tiene una trama mayor y se economiza material y tiempo y a menor porcentaje se emplea más material y tiempo.
Mirian	A porcentagem maior demora mais para ser impressa, a peça fica mais resistente e é usado mais PLA. Se for usado uma porcentagem menor, a peça fica mais fina e frágil, é usado menos material e demora menos.
Pilar	Material/tempo de impressão. Quanto mais material utiliza, mais tempo demora em imprimir.
Pamela	Quanto maior a porcentagem de preenchimento a peça demorará mais para ser impressa e será mais pesada. O custo será elevado se houver maior porcentagem de preenchimento, pois gastará mais plástico para ser impresso.
Paulo	Quanto menor a porcentagem do preenchimento, mais barato será o custo de produção, pois menos material será gasto.

APÊNDICE H - RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA OFICINA 3 ÀS QUESTÕES FINAIS

Questão 1 - Qual a importância da vela no projeto de um veleiro?

Responda pelo menos uma das três perguntas abaixo.

- A. Barcos com mais velas são mais velozes? Porque?
- B. Barcos com velas maiores são mais velozes? Porque?
- C. O formato da vela influencia na velocidade? Porque?

O Quadro 26 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 26 - Respostas à 1ª. questão do conjunto de questões finais

Sujeito	Resposta
Eliana	<p>A - Depende de como as velas estão dispostas, se as velas estão uma na frente da outra pode não ter grande melhora na velocidade, pois a área de contato do vento continua praticamente a mesma. Para velocidade é interessante colocar velas que aumentem a área de contato do vento, fazendo assim que a vela “pegue” mais vento, tornando o barco mais veloz.</p> <p>B - Acredito que a área que a vela tem grande influência na velocidade por ter maior área de contato, então o barco com maior vela deveria ser mais veloz. Mas depende também do tipo de tecido, durante os testes com o meu barco percebi que tecidos moles e macio não tem bom desempenho na velocidade, eles enrolam muito. Já os tecidos mais rígidos não enrolam também e conseguem manter a mesma posição para sempre ter a mesma área de contato.</p> <p>C - O formato da vela influencia na velocidade? Porque? Acredito que não, só mudaria o tipo de suporte que ela teria. Porque a área depende do tipo da Figura e o que importa mais é essa área.</p>
Giovana	<p>C - Sim, o Palestrante Marcelo nos falou que a vela balão é uma das mais rápidas dependendo do tipo do vento.</p>
Julia	<p>B - Embora eu achasse que uma vela maior conferia mais velocidade, não pude observar isto na pratica. Acredito que são mais velozes porque recebe mais influência do vento.</p> <p>C - Infuencia, pois uma área maior fará com que a ação do evento aumente. No entanto uma vela muito grande ou muito quadrada causa desequilíbrio na embarcação.</p>
Marcus	<p>A - Por la acción del viento sobre ellas tiene más superficie para recibir más cantidad de viento y aprovechar su fuerza..</p> <p>B - No siempre , pienso que son varios factores que intervienen en relación al tamaño de la vela y la velocidad, un barco podrá tener muchas velas de todos los tamaños pero si es pesado no será veloz como uno más pequeño con velas menores</p> <p>C - Yo pienso que si influye dependiendo del tipo de barco si va solo a movimentar con velas los formatos también influyen para dar velocidad y dirección al barco según lo explicado por marcelo, en nuestro caso solo va ser una vela fija ya que no hay manera de maniobrar ella.</p>
Mirian	<p>A - Acho que depende do formato da vela. Se for daquelas velas</p>

	“balão”, acredito que quanto mais delas, mais rápido fique. Mas se for das velas em formato de triângulo, não é necessário mais de uma porque uma pode atrapalhar a outra
Pilar	C - Acredito que pelo formato da vela o barco possa ser mais veloz pois pode aproveitar melhor o impulso dos ventos
Pamela	C - Sim, o formato influencia porque a função da vela é capturar o vento e direcionar o barco, se o formato da vela não for capaz de capturar o vento, o barco irá virar.
Paulo	A - Existe uma relação de peso a mais por adicionar mais velas e também em aumentar a estrutura do barco para que suporte a força do vento nas velas. Não necessariamente um número maior de velas fará um barco mais veloz, mas sim sua geometria. B - Sim, porque consegue “captar” mais vento. C - Sim, porque o ar tem que empurrar e fluir. Uma vela quadrada frente a uma em delta captura mais vento, porém direciona ele com menor eficiência.

Questão 2 - É possível que um barco navegue em uma velocidade maior do que a velocidade do vento? Explique sua resposta. O Quadro 27 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 27 - Respostas à 2ª. questão do conjunto de questões finais

Sujeito	Resposta
Eliana	Acredito que não, pois o barco tem seu peso próprio que dificultaria bastante que ele fosse tão rápido quanto o vento. Também pelo atrito que a água cria com a superfície em contato com o barco, deixando ele menos veloz. Talvez barcos com motor consigam alguma velocidade melhor, mas os que usam apenas o vento para navegar não conseguem tal desempenho no quesito velocidade.
Giovana	Depende se o barco tiver motor e o mar estiver estável é possível sim.
Julia	Sim, porque não é o vento em si que faz o barco mover, e sim a pressão as velas, se esta pressão é constante, a aceleração também será, logo em algum momento irá superar a velocidade do vento.
Marcus	Yo creo que depende mucho de la dirección que lleve el barco más en algunos casos podría navegar más rápido que el viento, dependiendo del tipo de barco y mucho conocimiento de navegación a Vela
Mirian	Acho que não, por causa de seu peso.
Pilar	Sem saber ao certo, acredito que sim pois se somarmos o impulso que a vela dá para o barco, teríamos que somar a aerodinâmica da embarcação então acho que poderíamos ter uma velocidade maior que a velocidade do vento, assim como, se direcionamos a vela, de certa forma podemos frear a ação do vento
Pamela	Sim, se o barco for muito veloz e o vento for intenso, as velas terão mais força para ser mais rápido.
Paulo	Sim. Aliando uma hidrodinâmica boa e uma vela que tenha uma área onde o vento exerça muita força, com a aceleração constante acaba sendo possível.

Questão 3 - Um barco foi colocado no mar para fazer uma travessia entre continentes. Entretanto ele sofreu um acidente e ficou a deriva, sem

leme, o que irá influenciar a sua rota? O Quadro 28 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 28 - Respostas à 3ª. questão do conjunto de questões finais

Sujeito	Resposta
Eliana	A direção do vento, pois sem ter como determinar para onde o barco vai, fica a critério do sentido e direção do vento.
Giovana	O ajuste de direção das velas sendo empurrado pelos ventos.
Julia	Ele não poderá usar a fonte de energia cujo barco se propõe, logo não terá tração, além disso, não poderá controlar a direção.
Marcus	Si no tiene dirección el queda a merced de las corrientes, ya hay muchas corrientes identificadas, que aconteció ya, embarcaciones ser llevadas por las corrientes y hacer grandes travesías increíbles hasta ser rescatados.
Mirian	M- Sem o leme do barco não é possível controlar a direção dele. K - Isso mesmo, e nesse caso o barco ai ficar parado no mesmo lugar ? M - Não, porque o leme controla a direção. O que move o barco é a vela ou o motor.
Pilar	As marés. À deriva, só a influência das águas podem guiar o barco
Pamela	O barco tá sem uma força que direciona para a rota que a tripulação deseje, portanto, o barco vai seguir a rota das correntes marítimas.
Paulo	Será a intensidade do vento e as correntes marítimas.

Questão 4 - Analise o mapa abaixo, em que estão indicados os possíveis pontos de parada para um barco que cruza do Brasil para Portugal.



Considere que o seu barco vai começar a viagem em São Paulo e terminar em Lisboa. Durante a viagem serão necessárias três paradas de reabastecimento. Quantas rotas são possíveis? O Quadro 29 apresenta as respostas fornecidas à essa questão.

Quadro 29 - Respostas à 4ª. questão do conjunto de questões finais

Sujeito	Resposta
Eliana	São possíveis 9 rotas, considerando que a primeira e última parada são obrigatórias. SP – RJ – Salvador – Recife – Lisboa SP – RJ – Salvador – Tenerife – Lisboa SP – RJ – Salvador – Las Palmas – Lisboa SP – Salvador – Recife – Tenerife – Lisboa SP – Salvador – Recife – Las Palmas – Lisboa SP – Recife – Tenerife – Las Palmas – Lisboa SP – RJ – Recife – Tenerife – Lisboa SP – RJ – Recife – Las Palmas – Lisboa SP – Salvador – Tenerife – Las Palmas – Lisboa
Giovana	São Paulo - Rio de Janeiro Rio de Janeiro - Recife Recife - La Palmas
Julia	J – 120 rotas possíveis. K – Por favor, me mostra as rotas J - SP, RJ, Salvador, Recife, Lisboa SP, RJ, Salvador, Tenerife, Lisboa SP, RJ, Salvador, Las Palmas, Lisboa SP, Salvador, Recife, Tenerife, Lisboa SP, Salvador, Recife, Las Palmas, Lisboa SP, Recife, Tenerife, Las Palmas, Lisboa SP, RJ, Recife, Tenerife, Lisboa SP, RJ, Recife, Las Palmas, Lisboa SP, Salvador, Tenerife, Las Palmas, Lisboa 9 rotas K - Uau ! De 120 para 9 ! Mudou bastante. Como chegaste nessa correção de números ? J - Havia usado o fatorial de 5 pois haviam 5 possibilidades de reabastecimento, no entanto me dei conta que não iria parar nas cinco e escrevi manualmente as possíveis rotas.
Marcus	Seriam posibles Sao Paulo-Rio-Recife-Las Palmas - Lisboa Sao Paulo-Rio-Recife-Tenerife-Lisboa Sao Paulo - Salvador-Recife-Tenerife -Lisboa Sao Paulo-Salvador-Recife-Las Palmas-Lisboa Sao Paulo- Rio-Salvador-Recife- Lisboa Sao Paulo-Recife-Tenerife-Las Palmas- Lisboa
Mirian	10 rotas diferentes. RJ-BH-RE; RJ-RE-TN; RJ-RE-LP RJ-BH-TN; RJ-BH-LP BH-RE-TN; BH-TN-LP BH-RE-LP RE-TN-LP
Pilar	São Paulo-Salvador-Recife-Lisboa; São Paulo-Recife-Tenerife-Lisboa; São Paulo-Recife-LaPalma-Lisboa.
Pamela	8 Rotas possíveis : (São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Tenerife, Lisboa), (São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, La Palmas ,Lisboa), (São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Tenerife ,Lisboa),

	(São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, La Palmas,Lisboa), (São Paulo, Salvador, Recife, Tenerife ,Lisboa), (São Paulo, Salvador, Recife, La Palmas, Lisboa), (São Paulo, Salvador, Tenerife, La Palmas ,Lisboa) (São Paulo, Recife, Tenerife, La Palmas, ,Lisboa)
Paulo	São 10, sendo elas: SP→RJ→Bahia→Recife→Lisboa SP→RJ →Bahia→Tenerife→Lisboa SP→RJ→Bahia→La Palmas→Lisboa SP→RJ→Recife→Tenerife→Lisboa SP→RJ→Recife→La Palmas→Lisboa SP→RJ→Tenerife→La Palmas→Lisboa SP→Bahia→Recife→Tenerife→Lisboa SP→Bahia→Recife→La Palmas→Lisboa SP→Bahia→Tenerife→La Palmas→Lisboa SP→Recife→Tenerife→La Palmas→Lisboa