CASSIA DE OLIVEIRA FERNANDEZ

**Programação física e criatividade: contribuições de uma abordagem
exploratória para a introdução da programação física no ensino fundamental**

São Paulo
(2017)

CASSIA DE OLIVEIRA FERNANDEZ

**Programação física e criatividade: contribuições de uma abordagem
exploratória para a introdução da programação física no ensino fundamental**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Roseli de Deus
Lopes

São Paulo
(2017)

CASSIA DE OLIVEIRA FERNANDEZ

**Programação física e criatividade: contribuições de uma abordagem
exploratória para a introdução da programação física no ensino fundamental**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Sistemas Eletrônicos

Orientadora: Profa. Dra. Roseli de Deus
Lopes

São Paulo
(2017)

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Fernandez, Cassia

Programação física e criatividade: contribuições de uma abordagem exploratória para a introdução da programação física no ensino fundamental / C. Fernandez -- versão corr. -- São Paulo, 2017.
162 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1.Criatividade 2.Tinkering 3.Computação física 4.Eletrônica 5.Educação básica I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II.t.

A André, meu querido.

AGRADECIMENTOS

A Roseli Lopes, por ser uma inspiração em meu caminho, pelas longas conversas e leituras cuidadosas, e sobretudo por ter confiado em minhas decisões e aceitado orientar este trabalho.

A todos os colegas do CITI-USP, que direta ou indiretamente auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço especialmente a Adriana Klein, por toda a ajuda durante a terceira etapa deste estudo, Leandro Biazon, pelo auxílio com detalhes técnicos que viabilizaram a realização das atividades nas escolas, Marcelo Archanjo, pelas conversas sobre aspectos eletrônicos do kit, e Irene Ficheman, por me possibilitar a conexão com este grupo que tornou o meu caminho mais feliz.

Às equipes de gestão das escolas que participaram deste estudo: Cecília Medina, Ângela Larimari, Ya Jen Chang, Claudia Siqueira, Michael Filardi e Marisa Garcia, por acreditarem na proposta e terem me oferecido tamanha liberdade. Aos professores Cida Godinho e Rodrigo Nogueira, pela nossa feliz parceria e por estarem sempre abertos às minhas ideias. Agradeço ainda a Gislaine Munhoz e Regina Gavassa da SME-SP por todo o apoio durante a realização desta pesquisa.

À equipe do Tinkering Studio, que inspirou de forma profunda este trabalho, e em especial a Karen Wilkinson, Luigi Anzivino e Ryan Jenkins, por terem me aberto as portas para conhecer mais de perto seu trabalho, e por valiosos momentos de reflexão.

Ao grupo Lifelong Kindergarten, sobretudo a Natalie Rusk, por importantes conversas que guiaram o desenvolvimento dos materiais adotados na última etapa da pesquisa, Carmelo Prescicce, pelas trocas a respeito do tema desta pesquisa, Leo Burd, pelo apoio, confiança e por tornar possível o encontro com este grupo, e Mitchel Resnick, pelo trabalho inspirador.

À Profa. Solange Wechsler, por gentilmente ter cedido os testes de criatividade aqui utilizados.

À Profa. Helena Rinaldi, pela ajuda inestimável, sem a qual este trabalho não teria sido possível. A Gabriel Belizario, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao amigo Nathan Rabinovitch, pela parceria no desenvolvimento de nosso querido kit e pelas madrugadas de solda e novas ideias.

Aos professores Paulo Blikstein e Cecília Baranauskas, pelas suas valiosas contribuições na etapa de qualificação.

A meus pais, Isidoro e Maria Eduarda, pelo amor e pelas oportunidades que me ofereceram através da educação, e a minha irmã, Marina Fernandez, pelo incentivo em meu caminho acadêmico e por suas palavras nos momentos difíceis.

A André Kowalski, pelo amor, paciência e apoio incondicional, sem os quais as mudanças de rumo que me trouxeram até aqui não teriam sido possíveis.

A todos aqueles que de alguma forma me inspiraram, auxiliaram e tornaram este caminho de aprendizado mais completo.

Em especial, agradeço a todos os alunos que participaram desta pesquisa, por tudo que aprendi, pelo entusiasmo e por nossos felizes momentos juntos.

O tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o conhecimento
que as ajudará a conseguir mais conhecimento

Seymour Papert

RESUMO

Tem havido um crescente interesse na inserção de atividades envolvendo programação física em ambientes educacionais, e há diversos trabalhos publicados que comentam sobre os benefícios propiciados por tais atividades, inclusive como forma de incentivar a criatividade em sala de aula. Entretanto, são ainda escassas as publicações científicas que apresentam análises empiricamente fundamentadas relacionadas à avaliação dos efeitos de atividades de programação física no desenvolvimento do potencial criativo de estudantes. A presente pesquisa investigou como a introdução de atividades de programação física no Ensino Fundamental II, a partir de uma abordagem que privilegia processos de exploração e experimentação, impactou o potencial e sentimento criativo dos estudantes. O currículo proposto, baseado no referencial teórico construcionista, foi elaborado com o objetivo de engajar cada estudante e de contribuir para o desenvolvimento de seu potencial criativo, confiança criativa e de novas perspectivas sobre o mundo e sobre si mesmo. Foi identificada a necessidade de adaptar e desenvolver materiais para a aplicação do currículo proposto, e para isso foi criado um kit de programação física, bem como novos recursos de aprendizagem. O currículo foi aplicado a partir de sucessivas reformulações em duas escolas particulares e em uma escola da rede pública. Durante a aplicação do currículo, além das observações em sala de aula e de conversas periódicas com os estudantes, foram utilizados três instrumentos de coleta de dados: (1) realização de entrevistas, (2) aplicação de questionários de percepção criativa e motivação para a aprendizagem e (3) aplicação de um teste de pensamento divergente. Os instrumentos (2) e (3) foram aplicados também a um grupo controle, com pré e pós-teste. A partir da análise das observações de sala de aula e das conversas realizadas com os estudantes, foram identificadas estratégias que podem auxiliar na implementação de currículos introdutórios de programação física no Ensino Fundamental II, bem como os desafios encontrados durante a aplicação da proposta. Os resultados indicam que o currículo proposto teve impacto positivo na criatividade dos estudantes, bem como em sua confiança criativa e motivação para aprendizagem. Os resultados sugerem ainda que os estudantes que participaram das atividades desenvolveram novas perspectivas a respeito de si mesmos e do mundo ao seu redor.

Palavras-Chave: Eletrônica. Programação física. Educação básica. Criatividade. Construcionismo. Abordagem exploratória. Tinkering.

ABSTRACT

There has been a growing interest in introducing physical programming activities in educational environments, and there are several published works that comment on the benefits provided by such activities, stating they can provide a way to stimulate creativity in classrooms. However, there are still few scientific publications that present empirical analysis related to the evaluation of the effects of physical programming activities on the development of the creative potential of students. This research investigated how physical programming activities, designed from a tinkering approach, influenced the potential and creative feeling of Elementary School students. Our curriculum, based on the constructivist theoretical framework, was elaborated with the goal of engaging every student, and to develop their creative potential and creative confidence. Given the need to adapt and develop materials for the application of the proposed curriculum, we created a physical programming toolkit, as well as new learning resources. This curriculum was applied from successive reformulations at two private schools and one public school in Brazil. In addition to observing students' behavior in classrooms and periodic follow-up interviews with them, three data collection instruments were used: (1) interviews, (2) questionnaires about creative self-efficacy and motivation for learning, and (3) a divergent thinking test. The instruments (2) and (3) were also applied to a control group, with pre and post tests. We share the learnings that emerged from the activities, the difficulties found during the development of the curriculum, and strategies that may help with the implementation of introductory physical programming curricula in Elementary School. The results indicate that the application of the activities had a positive impact on students' creativity, as well as in their creative confidence and motivation for learning. The results also suggest that students have developed new perspectives about themselves and about the world around them.

Keywords: Electronics. Physical programming. K-12 education. Creativity. Constructionism. Tinkering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Painel de monitoramento das portas de entrada do S4A.	38
Figura 2. Exemplos de blocos utilizados para programação dos pinos de saída no S4A.	39
Figura 3. Exemplos de materiais utilizados na construção de projetos.....	40
Figura 4. Exemplos de materiais utilizados na construção de projetos.....	41
Figura 5. Módulos do Betakit.....	42
Figura 6. Módulos do Betakit.....	43
Figura 7. Representação da caixa com o microcontrolador conectado ao módulo LED.	43
Figura 8. Botão utilizado no BetaKit.....	46
Figura 9. Módulos laser e LDR utilizados em conjunto.....	47
Figura 10. Exemplo de projeto criado por crianças com o BetaKit.....	47
Figura 11. Botão conectado com arame encapado a uma placa perfurada.	48
Figura 12. Estudantes utilizando as fichas em seus projetos.	59
Figura 13. Protótipo inicial do kit desenvolvido sendo utilizado em um percurso criado por estudantes.	60
Figura 14. Histograma de notas do IDEB para as escolas da rede municipal e a posição da escola pública participante da pesquisa em destaque (vermelho) no ano de 2013.....	68
Figura 15. Estudantes trabalhando no laboratório de informática.	69
Figura 16. Estudante criando seu jogo de labirinto.	81
Figura 17. Projetos criados durante a aula 2.	82
Figura 18. Projetos criados durante a aula 3.	82
Figura 19. Exemplo de ficha exploratória criada.....	83
Figura 20. Esquema representando o microcontrolador pré-programado.	86
Figura 21. Estudantes em seu primeiro contato com o kit.....	87
Figura 22. Estudantes trabalhando em seus projetos.....	89
Figura 23. Exemplos de pinballs em diferentes etapas de desenvolvimento.....	90

Figura 24. Estudantes da escola particular trabalhando nos projetos.....	91
Figura 25. Projetos criados com tema livre na EMEF.....	93
Figura 26. Estudantes da escola particular trabalhando na construção do projeto livre.....	94
Figura 27. Cartões para uso do BetaKit com o S4A.	98
Figura 28. Estudantes utilizando os cartões na criação de projetos.	99
Figura 29. Exemplos de pôsteres criados para a sala de aula.	100
Figura 30. Estudante consultando os pôsteres durante a aula.....	100
Figura 31. Exemplo de micromundo no Scratch.....	101
Figura 32. Exemplo de cartões desenvolvidos.	102
Figura 33. Estudantes criando e apresentando seus projetos: trator para recolher dejetos.....	105
Figura 34. Exemplo de projeto criado na aula de exploração do kit com sucata: monstro que abria a boca quando algo se aproximava.....	105
Figura 35. Estudantes criando suas máquinas de pinball.....	107
Figura 36. Exemplo de projeto que incluiu um placar de pontuação para dois jogadores.....	107
Figura 37. Pinballs criados pelos estudantes integrando luzes, sensores de luminosidade, lasers, motores, botões e músicas.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fases da pesquisa.....	53
Tabela 2. Plano de aulas da fase 1.....	57
Tabela 3. Desafios relatados pelos professores da rede municipal quanto à implantação de robótica nas escolas.....	65
Tabela 4. Cronograma de aplicação dos testes e questionários por semana.....	72
Tabela 5. Plano de aulas da fase 3.....	79
Tabela 6. Plano de aulas da Fase 4	103
Tabela 7. Caracterização dos respondentes ao Teste de Torrance.....	110
Tabela 8. Caracterização dos respondentes ao questionário	111
Tabela 9. Resultados do Teste T para o TTPC.....	111
Tabela 10. Resultados do Teste T para a Escala	112
Tabela 11. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Experimental no Pré Teste	113
Tabela 12. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Experimental no Pós Teste	114
Tabela 13. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Controle no Pré Teste	114
Tabela 14. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Controle no Pós Teste	114
Tabela 15. Temas comuns e frases exemplares relacionadas a mudanças de perspectiva sobre si mesmos (próprias capacidades e habilidades)	117
Tabela 16. Temas comuns e frases exemplares relacionadas a mudanças de perspectiva sobre o mundo (materiais e objetos ao nosso redor)	121
Tabela 17. Resumo das estratégias propostas.....	130

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Delimitação do problema.....	16
1.2. Objetivo	18
1.2.1 Objetivos específicos	18
1.3. Organização do trabalho	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1. O construcionismo e os computadores na educação.....	20
2.2. Abordagem exploratória (tinkering)	25
2.3. A programação física na educação	26
2.4. Criatividade	28
2.4.1 Definições e evolução do conceito.....	29
2.4.2 Criatividade na educação	32
2.4.3 A avaliação da criatividade.....	35
2.5. Conclusões.....	36
3. MATERIAIS E AMBIENTES DE PROGRAMAÇÃO	37
3.1. Ferramenta de programação.....	37
3.2. Ferramenta de programação física.....	38
3.3. Materiais para construção.....	39
3.4. Kit de programação física desenvolvido	41
3.4.1 Princípio de Pisos baixos.....	44
3.4.2 Princípio de Paredes amplas	46
3.4.3 Limitações.....	49
3.5 Conclusões.....	50
4. DESENHO DA PESQUISA E FASES DE APLICAÇÃO	51
4.1. Seleção da faixa etária	54
4.2. Fase 1: Piloto em contexto extracurricular	55
4.2.1 Desenvolvimento das aulas	56
4.2.2 Reflexões e implicações para o refinamento.....	61
4.3. Fase 2. Etapa intermediária: percepção de gestores educacionais e professores da rede pública.....	63

4.3.1	Reflexões sobre os resultados da etapa.....	66
4.4.	Fase 3. Aplicação e avaliação do currículo exploratório	67
4.4.1	Participantes.....	68
4.4.2	Instrumentos e procedimentos de coleta de dados.....	70
4.4.3	Desenvolvimento das aulas	75
4.4.4	Reflexões sobre os resultados	95
4.5.	Fase 4. Refinamento do currículo	96
4.5.1	Participantes.....	97
4.5.2	Novos recursos de aprendizagem.....	97
4.5.3	Desenvolvimento das aulas	103
4.5.4	Reflexões sobre os resultados	108
4.6.	Conclusões.....	109
5.	RESULTADOS DE CRIATIVIDADE, MOTIVAÇÃO E PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES..	110
5.1.	Dados demográficos.....	110
5.2.	Testes de Torrance do Pensamento Criativo.....	111
5.3.	Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula.....	112
5.4.	Correlações entre o TTPC e a Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula.....	113
5.5.	Discussão sobre os resultados de criatividade	115
5.6.	Entrevistas com estudantes.....	116
5.6.1	Perspectivas dos estudantes sobre si mesmos.....	117
5.6.2	Perspectivas sobre o mundo.....	121
5.7.	Discussão a respeito das entrevistas.....	123
5.8.	Entrevistas com professores	124
5.9	Conclusões.....	127
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
6.1.	Estratégias potencializadoras da criatividade	129
6.1.1	Motivação intrínseca	130
6.1.2	Espaço para o erro	133
6.1.3	Desenvolvimento de ideias criativas.....	136
6.2.	Desafios encontrados.....	139
6.2.1.	Colaboração em grupos.....	139
6.2.2.	Exposição dos projetos e criatividade.....	140
6.2.3.	Aprofundamento na exploração.....	142
6.2.4.	Planejamento e exploração.....	143

6.3. Conclusões e sugestões para pesquisas futuras	143
REFERÊNCIAS	145
APÊNDICE	151
Apêndice 1 - Início da pesquisa e contrapartida para a escola.....	151
Apêndice 2 - Cartões de programação física	152
ANEXOS.....	156
Anexo 1 - Parecer Consubstanciado do CEP	156
Anexo 2 - Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula.....	160

I. INTRODUÇÃO

Atividades mão na massa possuem uma longa tradição em ambientes educacionais. Recentemente, entretanto, o chamado movimento *maker* vem trazendo mais atenção para práticas pedagógicas baseadas na construção e criação, e um crescente número de educadores e pesquisadores tem se interessado pelo potencial de tais práticas para engajar estudantes em novas formas de aprender.

A eletrônica e a programação física são assuntos importantes no campo da *educação maker*, e têm sido introduzidos em diversos contextos educacionais como museus, bibliotecas, espaços *maker* e escolas - mas no caso destas últimas, em geral em atividades optativas fora da grade curricular.

Os termos robótica, programação física e computação física são muitas vezes utilizados como sinônimos na área educacional para referir-se a atividades que integram a programação com a criação de diversos objetos no mundo físico utilizando microcontroladores, sensores e atuadores. Optamos nesta pesquisa por não utilizar o termo *robótica*, uma vez que as atividades desenvolvidas não se relacionam necessariamente à criação daquilo que chamaríamos de robôs. Assim, para dar conta de uma visão mais ampla do tema, utilizaremos a expressão programação física para nos referirmos ao tema desta pesquisa, uma vez que o foco de nosso trabalho está ligado à construção de interações de diversos tipos no mundo físico, por meio da programação.

A programação física oferece a possibilidade de integração da programação à criação de objetos concretos, e apresenta um grande potencial para o engajamento de estudantes no processo de desenvolvimento de projetos e ideias de forma lúdica e iterativa.

Apesar de kits de robótica e outros recursos de programação física serem utilizados na educação há décadas, o trabalho nesta área costumava envolver o uso de ferramentas e conceitos que pressupunham um alto nível de conhecimento técnico. O recente surgimento e popularização de novas ferramentas, mais amigáveis ao usuário não especialista e com preços mais acessíveis, vem despertando o interesse de um novo público para este campo. Assim, diversos kits e ambientes de programação física têm sido lançados e utilizados por educadores em contextos distintos.

Além do desenvolvimento de habilidades de programação, importantes para o letramento tecnológico das novas gerações, pesquisas apontam que o uso destas ferramentas pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento de habilidades não necessariamente associadas à programação ou eletrônica. Benitti (2012), em artigo de revisão da literatura, aponta o potencial da robótica como forma de aumentar a aprendizagem de conceitos relacionados a outros campos do conhecimento, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades variadas, tais como resolução de problemas, raciocínio lógico e comunicação. Entretanto, conforme sugere a autora, a simples utilização destas ferramentas não garante resultados positivos, já que muitos fatores podem influenciar os ganhos da aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades.

Assim, é necessária uma compreensão mais aprofundada do potencial que este tipo de atividade pode ter no desenvolvimento dos interesses e habilidades cognitivas e sociais dos estudantes. Portanto, mais pesquisas devem ser desenvolvidas para que teorias detalhadas a respeito da relação entre os jovens e tais tecnologias possam ser formuladas, oferecendo uma melhor compreensão do papel que este tipo de tema pode ter na educação (Alimisis, 2013).

I.1. Delimitação do problema

Apesar do surgimento de diversas ferramentas e kits de programação física nos últimos anos, uma atenção comparativamente menor tem sido dada ao papel que a abordagem pedagógica utilizada na inserção de atividades envolvendo este tema em contextos educacionais pode ter no desenvolvimento de habilidades e atitudes dos estudantes. Há um grande campo para pesquisa quando os objetivos pedagógicos vão além do aprendizado de conceitos computacionais e conhecimentos específicos deste domínio e voltam-se ao desenvolvimento de novas atitudes em relação à aprendizagem e de novas perspectivas frente ao potencial criador dos estudantes.

Muitas instituições de ensino vêm introduzindo em seus currículos a programação física por meio de atividades que oferecem manuais com sugestões de projetos a serem reproduzidos pelos estudantes, com pouco espaço para a

experimentação e para o erro. Tais estratégias podem ser eficazes para o desenvolvimento de determinados tipos de habilidades e para a compreensão de conteúdos específicos do campo. Porém, são desnecessariamente restritas no que refere-se ao potencial para novas formas de engajamento em explorações e descobertas guiadas por interesses pessoais.

Ao considerar a introdução da programação física em ambientes escolares, uma questão importante diz respeito a formas de envolver um número maior de estudantes com interesses e características diversas, ao invés de privilegiar o engajamento de determinados perfis de estudantes (Blikstein, 2013; Rusk, Resnick, Berg, & Pezalla-Granlund, 2008). Quando atividades deste tipo ocorrem em aulas curriculares regulares, onde todos os alunos participam e não apenas aqueles com interesse prévio no assunto, esta questão pode se tornar ainda mais crítica se as estratégias e materiais não forem cuidadosa e intencionalmente escolhidos.

Dadas suas características lúdicas e exploratórias, a adoção da abordagem *tinkering* pode contribuir para a diminuição das barreiras para participação em atividades de programação e programação física. Recentemente, esta abordagem tem atraído a atenção de pesquisadores da área, e grupos como o Tinkering Studio do Museu Exploratorium e o Lifelong Kindergarten Group do MIT Media Lab vêm utilizando o termo *computational tinkering* para descrever atividades que têm como foco explorações e experimentações combinando materiais físicos e digitais de forma iterativa e lúdica (Presicce, Rusk, & Resnick, 2017; Wilkinson, 2016).

O termo *tinkering* não possui tradução direta na língua portuguesa, mas pode ser compreendido como um modo exploratório de interação com o mundo, no qual as atividades podem ser enfrentadas e conduzidas por caminhos diversos e complexificadas em níveis que dependem de objetivos e interesses pessoais, sem a busca por um fim previamente definido. Resnick e Rosenbaum (2013) afirmam que estas práticas muitas vezes são vistas em oposição ao planejamento: ao invés de definir claramente os passos a serem executados e depois proceder à construção, começa-se sem um plano definido, e o caminho vai sendo criado à medida que novas ideias emergem. Por oferecer lugar para o erro – elemento central no processo de aprendizagem – esta abordagem pode potencializar o desenvolvimento de ideias criativas e do sentimento de confiança no processo de construção por parte de estudantes de perfis diversos.

Alguns autores relacionam estas abordagens às práticas de engenharia, destacando seu potencial para desenvolver novas atitudes e formas de entendimento a respeito de materiais e fenômenos, que podem contribuir para incentivar o interesse por este campo (Martinez & Stager, 2013; Petrich, Wilkinson, & Bevan, 2013; Wang & Agogino, 2014).

1.2. Objetivo

O presente estudo tem por objetivo investigar se o trabalho com programação física em aulas curriculares a partir de uma abordagem exploratória (*tinkering*) pode impactar a criatividade, a confiança criativa e o desenvolvimento de novas perspectivas dos estudantes, compreendendo estratégias relevantes para este processo.

1.2.1 Objetivos específicos

A presente pesquisa busca investigar a aplicação de uma abordagem pautada na ideia de *tinkering* para introduzir a programação física a estudantes de Ensino Fundamental II. Para permitir que as crianças explorassem aspectos da programação física combinando materiais cotidianos com a programação, foram criados um kit e um currículo introdutório pautados na perspectiva construcionista e em referenciais teóricos relacionados à abordagem *tinkering*.

O currículo desenvolvido buscou introduzir os estudantes a conceitos e práticas de programação física, privilegiando a experimentação, a exploração e o desenvolvimento de ideias pessoais dos estudantes, tendo como objetivos pedagógicos:

- a. Fornecer uma compreensão a respeito do funcionamento de sistemas eletrônicos do dia-a-dia, despertando o interesse, a curiosidade, e gerando mudança de olhar a respeito das tecnologias e dos objetos ao nosso redor.
- b. Estimular a criatividade e a confiança criativa.
- c. Desenvolver o sentimento de ser capaz de criar e construir no mundo físico, encorajando atitudes exploratórias de aprendizado.

O currículo proposto foi concebido como um passo inicial para que os estudantes desenvolvessem confiança no processo de construção, bem como a criatividade e interesses relacionados a estes campos. Assim, em momentos posteriores, a partir dos conhecimentos adquiridos e das motivações despertadas, estes poderão se dedicar à criação de projetos mais complexos, incluindo propostas de soluções para problemas reais. Portanto, as atividades propostas neste estudo tiveram um foco menos voltado à compreensão de conceitos eletrônicos e ao aprofundamento de aspectos relacionados à programação, de forma a privilegiar processos de exploração para ganho de confiança e expressão de ideias criativas.

As sucessivas reformulações do currículo inicial, que ocorreram em ciclos iterativos de análise, projeto, desenvolvimento e implementação, permitiram a identificação de estratégias importantes para o desenvolvimento do potencial e sentimento criativo dos estudantes.

1.3. Organização do trabalho

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. No capítulo 1, foi apresentada uma introdução ao tema de pesquisa, sua relevância e objetivos do presente estudo. No capítulo 2, são apresentados a abordagem pedagógica e o referencial teórico que a embasa, bem como aspectos referentes à conceituação da criatividade e possibilidades para sua avaliação. No capítulo 3, são descritos os materiais utilizados ao longo do desenvolvimento das atividades em escolas. No capítulo 4, são apresentados os procedimentos de pesquisa adotados, incluindo os instrumentos de coleta de dados utilizados e as sequências didáticas dos currículos propostos. No capítulo 5, são apresentados os resultados referentes à criatividade e confiança criativa, bem como às novas perspectivas desenvolvidas pelos estudantes. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas discussões e conclusões a partir dos resultados obtidos, sugestões de estratégias que podem orientar educadores e pesquisadores interessados no tema, bem como algumas questões consideradas em aberto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentadas algumas das teorias educacionais que embasam o recente movimento *maker* e o referencial teórico que orientou a criação do currículo, do kit e das estratégias adotados nesta pesquisa. Em seguida, é brevemente discutido como a programação física tem sido introduzida em contextos educacionais. Por fim, é apresentado um panorama a respeito de aspectos conceituais da criatividade, bem como de suas formas de avaliação.

2.1. O construcionismo e os computadores na educação

O recente movimento *maker*, que vem atraindo a atenção de educadores e pesquisadores, pauta-se em diversas perspectivas pedagógicas como o construtivismo de Jean Piaget, o construcionismo de Seymour Papert, a educação progressiva de John Dewey e a pedagogia crítica de Paulo Freire (Blikstein, 2013; Martinez & Stager, 2013).

Apesar de Piaget ter se concentrado mais na análise do desenvolvimento da criança do que no papel da escola na aprendizagem, suas pesquisas tiveram forte influência no campo escolar. Um dos principais pressupostos de abordagens pedagógicas construtivistas é o de que os estudantes aprendem por meio da descoberta ativa, sendo o papel do professor encorajar e facilitar este processo de aprendizagem, e não o de instruir diretamente os aprendizes. Segundo Macedo (1994, p. 23), “em uma visão não construtivista a resposta ou mensagem do professor é o que interessa. Em uma visão construtivista, é a pergunta ou situação problema que ele desencadeia nas crianças”.

Piaget, ao estudar o desenvolvimento infantil, propôs que dois processos têm papel fundamental no aprendizado: a assimilação e a acomodação. O processo de assimilação corresponde à busca do indivíduo em solucionar alguma situação a partir de sua estrutura cognitiva atual, e representa uma tentativa de integrar novas experiências a esquemas já estruturados. A acomodação, por sua vez, implica a necessidade de modificar a estrutura mental prévia para que seja possível dar conta do novo objeto do conhecimento (Piaget, 1958).

Assim, nesta perspectiva, o aprendizado se constitui pela interpretação do novo de forma pessoal, integrando-o aos conhecimentos que o aprendiz já possui, e pela reformulação de esquemas quando as estruturas já consolidadas não dão conta de assimilar as novas experiências. Portanto, habilidades e conhecimentos devem ser descobertos pelos indivíduos, o que requer um processo ativo de aprendizado.

Seymour Papert se baseou no construtivismo de Jean Piaget, com quem trabalhou nas décadas de 1950 e 1960 (Ackermann, 2001), para propor uma nova teoria à qual deu o nome de construcionismo (Papert & Harel, 1991). Papert pode ser considerado um dos pais do movimento *maker* (Blikstein, 2013; Martinez & Stager, 2013), e suas teorias pautam a atuação de um grande número de pesquisadores e professores que defendem o *aprender fazendo* - especialmente quando este fazer envolve a utilização de tecnologias computacionais.

O construcionismo compartilha da visão construtivista de que a aprendizagem se baseia na construção de estruturas de conhecimento através da internalização progressiva das ações, mas sugere que esta aprendizagem ocorre de forma mais efetiva em contextos nos quais o aprendiz está engajado na criação de algo (Papert & Harel, 1991). Assim, para Papert, apesar da construção do conhecimento ocorrer na mente do aprendiz, ela será mais sólida se apoiada na criação de algo público que possa ser mostrado, discutido, examinado, testado e admirado por outros (Papert, 1993).

Apesar de ressaltar a importância do papel da construção, Papert defendia que o impulso interno dos estudantes para criar objetos pessoalmente significativos constitui um fator fundamental neste processo. Neste ponto, Papert aproxima-se também da proposição construtivista de que a aprendizagem é mais eficaz quando ocorre de forma contextualizada e relevante para o aprendiz. De acordo com Macedo:

“A produção construtivista do conhecimento é formalizante, mas não formalizada. Nela, forma e conteúdo, ainda que não confundidos, são indissociáveis. Daí, por exemplo, preferir-se na aprendizagem da leitura e escrita da criança trabalhar a partir do nome dela ou de textos que tenham sentido ou valor funcional em sua cultura.” (Macedo, 1994, p. 3)

Assim, ainda que Papert tenha chamado a atenção para a importância da construção de objetos pessoalmente significativos no processo de aprendizado, talvez sua contribuição mais inovadora tenha sido a de apontar o potencial dos computadores

para a transformação das práticas educacionais. Para o autor, por meio da programação, as crianças poderiam expressar-se criativamente e refletir sobre o próprio pensamento (Papert, 1980b).

No entanto, a visão de Papert sobre os computadores na educação se opunha à concepção comum da utilização destas ferramentas como instrutores, que substituiriam o professor:

“Na maior parte das situações educacionais contemporâneas nas quais as crianças entram em contato com computadores, o computador é utilizado para que as crianças possam seguir em seus ritmos próprios, para oferecer exercícios de um nível apropriado de dificuldade, para oferecer feedback, e para entregar informação. O computador programa a criança. No ambiente LOGO a relação é invertida: a criança, mesmo em idades pré-escolares, fica no controle: a criança programa o computador. E, ao ensinar o computador a pensar, as crianças embarcam em uma exploração a respeito de como elas mesmas pensam. (...) Pensar sobre o pensamento transforma a criança em uma epistemologista, uma experiência sequer partilhada pela maioria dos adultos” (Papert, 1980b, p. 19)

Desta forma, Papert define o construcionismo em oposição ao instrucionismo: enquanto o instrucionismo representa uma visão programática de que o caminho para melhorar o aprendizado está relacionado ao aprimoramento das formas de instrução, o objetivo do construcionismo é encontrar maneiras de produzir o maior aprendizado a partir da menor quantidade de ensino. O autor pontua que “o tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o conhecimento que as ajuda a obter mais conhecimento”, endossando a ideia piagetiana de que “todo ato de ensinar priva a criança da oportunidade de aprender” (Papert, 1993, p. 139). Portanto, o melhor para as crianças seria poderem encontrar por si mesmas o conhecimento específico de que precisam (Papert, 1993).

De acordo com Ackermann (2001), uma das diferenças entre os estudos de Piaget e Papert encontra-se no foco que cada um dá ao processo de aprendizado: enquanto Piaget volta sua atenção para a construção da estabilidade interna durante o desenvolvimento, Papert está mais interessado em compreender como ocorre a dinâmica das mudanças:

“Ele [Papert] enfatiza a fragilidade do pensamento durante os períodos de transição. Ele está preocupado com a maneira como as pessoas pensam quando suas convicções se quebram, quando visões alternativas naufragam, quando se torna necessário ajustar, alongar e expandir suas visões atuais de mundo. Papert aponta sempre para esta fragilidade, contextualidade e flexibilidade do conhecimento em construção.” (Ackermann, 2001, p. 8 - tradução nossa)

Para que o aprendizado ocorra de forma mais efetiva, Papert aponta a necessidade de oferecer atividades mateticamente¹ ricas e interessante durante o processo de aprendizagem – que chamou de micromundos (Papert, 1980b, 1993). Utilizando micromundos, as crianças poderiam aprender de forma contextualizada e significativa, e os computadores seriam excelentes ferramentas para auxiliar neste processo². Por meio dos micromundos, os estudantes podem testar suas ideias em um ambiente propício para a exploração (Papert, 1980b). Os micromundos apresentam uma solução não apenas para o problema de pré-requisitos no desenvolvimento de estruturas de conhecimento, mas oferecem a oportunidade de criar um contexto para a construção de teorias falsas ou transicionais – exercícios importantes em seus caminhos de aprendizado e que podem ensinar tanto quanto as teorias ditas corretas. Assim, a utilização de computadores permitiria a criação de múltiplos micromundos que poderiam ser utilizados para oferecer aos aprendizes a oportunidade de compreender ideias e conceitos para resolver problemas em determinado domínio.

Entretanto, Papert pontua que, embora o uso do computador aumente as possibilidades de engajamento exploratório (*bricoleuse*) em atividades relacionadas a conceitos matemáticos e científicos (Papert, 1993), ele não é uma ferramenta necessária em si mesma. Seu uso poderia auxiliar no desenvolvimento de atividades educacionais relacionadas aos princípios do construcionismo, que dependeriam o mínimo possível de instruções fornecidas por professores ou livros didáticos.

¹ Papert utiliza o conceito de *matética*, a ciência do aprendizado, para refletir sobre possíveis estratégias para auxiliar as crianças a encontrarem os conhecimentos de que precisam. Os princípios da *matética*, voltados a facilitar o processo de aprendizado, baseiam-se em relacionar aquilo que é novo e a ser aprendido com algo que já se sabe, e em utilizar o novo para torná-lo algo pessoal (Papert, 1980).

² Um exemplo de micromundo citado por Papert é o ambiente *Lego-Logo*, criado para conduzir as crianças ao desenvolvimento de habilidades de *bricolagem*.

Tais instruções, que ainda permeiam nosso sistema educacional nos dias de hoje, também foram criticadas por Gaston Bachelard, ainda em 1938. O autor se debruçou sobre o tema da formação do espírito científico e expressava preocupações a respeito do método adotado pelos livros de ensino:

“Peguem um livro de ensino científico moderno: apresenta a ciência como ligada a uma teoria geral. Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas algumas páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor. Amigo leitor será substituído pela severa advertência: preste atenção, aluno! O livro formula suas próprias perguntas. O livro comanda.” (Bachelard, 1938/1996, p. 31)

Para Bachelard, a questão da formulação do problema e a curiosidade - centrais para que o conhecimento seja construído e o *espírito científico* possa se desenvolver - deveriam assumir um papel central nas práticas pedagógicas, uma vez que é através da pergunta que o conhecimento se estabelece. Para o autor:

“Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido do problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é a resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído.” (Bachelard, 1938/1996, p. 18)

Nota-se que abordagens instrucionistas, como as criticadas por Bachelard e Papert, pouco ou nada se diferenciam dos métodos utilizados atualmente em grande parte das salas de aula. Em um momento no qual os computadores permeiam de forma crescente os ambientes educacionais, é importante refletir sobre as razões que motivam a sua utilização, de forma a propor práticas alinhadas aos objetivos pedagógicos que se quer atingir.

2.2. Abordagem exploratória (*tinkering*)

Conforme apresentado, a perspectiva construcionista aponta para importância de se criar oportunidades para o engajamento dos aprendizes em projetos pessoalmente significativos que possam ser compartilhados. Baseados nesta visão, pesquisadores e educadores vêm desenvolvendo propostas de abordagens, de atividades e de ferramentas tecnológicas voltadas a apoiar a aprendizagem que envolva a construção nos mundos físico e virtual.

Nesta pesquisa é adotada a abordagem *tinkering*. Esta sessão apresenta os princípios que embasam tal abordagem, relacionando-os aos objetivos de aprendizagem que interessam a este estudo.

O termo *tinkering* refere-se a um modo experimental e exploratório de interagir com materiais e conceitos. Atividades pautadas nesta abordagem são elaboradas de forma a permitir o desenvolvimento de projetos por diferentes caminhos e em níveis de complexidade que se relacionam a interesses pessoais (Martinez & Stager, 2013; Petrich et al., 2013; Vossoughi & Bevan, 2014).

A ideia de *tinkering* é apresentada por Turkle e Papert (1991) sob o termo *bricolagem*, em referência às pesquisas do antropólogo Lévi-Strauss (1989). Para os autores, o espírito da bricolagem se opõe a abordagens mais estruturadas e planejadas: enquanto planejadores valorizam a hierarquia e a abstração, *bricoleurs* preferem a negociação e o rearranjo de seus materiais (Turkle & Papert, 1991). Assim, ao invés de definir todas as etapas a serem executadas para em seguida realizar a ação, os *bricoleurs* geralmente começam sem um plano definido e reimaginam seus caminhos quando novas ideias surgem (Resnick & Rosenbaum, 2013).

Já Berland e colaboradores (2013), propõe que a ideia de *tinkering* refere-se tanto a um ato (uma orientação) quanto a um conjunto de atividades:

“Tinkering, bricolagem e experimentação lúdica descrevem o ato de não ter ou não precisar de nenhum plano no processo de criação ou modificação de um programa de computador. O conjunto de atividades descritas como tinkering incluem tentativa e erro, fuçar e bagunçar, encontrar e usar mecanismos de feedback (como testes), ou combinações dessas atividades.” (p. 568, tradução nossa)

No entanto, o termo *tinkering* é por vezes nebuloso, podendo carregar uma conotação negativa de trabalho sem foco, e carece de correspondente claro na língua portuguesa. Assim, propõe-se aqui a tradução pelos termos *exploração* para designar este tipo de prática, e *exploratória* para a referência à abordagem. Ademais, opta-se aqui pela utilização de um termo na língua portuguesa de forma a evitar anglicismos que muitas vezes afastam os interlocutores por dificultar o estabelecimento de conexões com práticas já adotadas em seus contextos locais. Na linguagem coloquial, a noção de *tinkering* se aproxima também das ideias de gambiarra e de improviso.

Autores como Martinez e Stager (2013) e Vossoughi e Bevan (2014) sugerem que esta abordagem, por deixar em aberto o ponto de chegada das atividades, permite o desenvolvimento de ideias de maneira criativa, já que os aprendizes têm a oportunidade de encontrar obstáculos, modificar seus trajetos, e experienciar descobertas à medida que as soluções emergem.

Em atividades escolares que envolvem práticas mão na massa, muitas vezes os passos para a realização de projetos são seguidos de acordo com instruções fornecidas pelo professor, resultando em produtos similares para todos os estudantes. Por outro lado, se os aprendizes puderem explorar as diversas faces de um fenômeno da forma que identificarem como mais conveniente, a direção da exploração estará diretamente relacionada aos interesses próprios dos estudantes, e o aprendizado poderá ocorrer de forma mais significativa. Ao priorizar a autoria dos estudantes no processo de aprendizado, oferecendo a eles a oportunidade de colocarem problemas ou desafios a si mesmos (Martinez & Stager, 2013; Petrich et al., 2013), tais estratégias podem contribuir para o desenvolvimento da criatividade e da confiança no processo de construção.

2.3. A programação física na educação

Diversos países vêm discutindo reformas em seus currículos do ensino básico de forma a contemplar disciplinas de programação para estudantes de ensino fundamental e médio.

Na Inglaterra, por exemplo, um novo currículo de computação foi implantado em 2014, baseado em documentos elaborados por grupos envolvendo acadêmicos, educadores, governo e indústria, que alertavam para a necessidade de revisão do ensino de TICs no país (e.g. British Computer Society Academy, 2011; The Royal Academy of Engineering, 2009; The Royal Society, 2012; UK Digital Skills Taskforce, 2014). Tais documentos ressaltam a importância de uma mudança de foco da simples utilização de programas para a compreensão de como sistemas computacionais funcionam e para o desenvolvimento de habilidades voltadas à criação de programas computacionais.

No entanto, observa-se que grande parte das escolas ainda utiliza tecnologias digitais reforçando uma abordagem na qual o computador é utilizado apenas como mais um meio de entrega de informação, análogo a um livro. Tais abordagens assemelham-se às descrições criticadas por Papert e Bachelard e pouco se favorecem do potencial destas ferramentas para o estabelecimento de novos modos de relação com a aprendizagem. Mesmo quando currículos de programação são inseridos de forma intencional e planejada, pouca atenção é dada às abordagens utilizadas para a condução das atividades, sendo o foco, na maior parte das vezes, mais no conteúdo a ser aprendido do que nas estratégias para que o aprendizado aconteça.

A programação física, que une a programação à criação de artefatos no mundo físico, tem também estado cada vez mais presente no cotidiano escolar. As ferramentas, abordagens e motivações relacionadas à sua inserção nestes contextos, no entanto, são diversas e podem levar ao desenvolvimento de competências e habilidades também distintos.

O campo da programação física envolve temas de diversas áreas relacionadas a ciências, tecnologia, computação e engenharia. Devido a sua natureza multidisciplinar e interativa, sua utilização na sala de aula pode contribuir para aumentar a motivação de estudantes (Ruiz-del-Solar & Avilés, 2004), e incentivá-los a explorar e a se apropriar de conceitos destas áreas para resolver problemas da vida real (Rockland et al., 2010). A programação física apresenta também um grande potencial para engajamento no processo de desenvolvimento de projetos, por oferecer a possibilidade da criação de objetos que se conectam ao universo lúdico dos estudantes.

Muitos kits de robótica e programação física foram projetados nas últimas décadas para permitir que as crianças explorem conceitos computacionais enquanto constroem

artefatos físicos, desde as tartarugas programáveis de Papert nos anos 70 e a plataforma LEGO-Logo nos anos 80, até a rica diversidade de kits atuais como LittleBits, Cublets e Gogo Boards, entre outros (para mais detalhes, consultar Blikstein, 2015). Estes kits trazem características lúdicas ao aprendizado de programação e permitem que os estudantes criem seus próprios objetos interativos, podendo ser ferramentas valiosas para desenvolver habilidades cognitivas e sociais, bem como para compreender princípios básicos sobre como os dispositivos tecnológicos que nos rodeiam funcionam. Tais kits podem ser direcionados a públicos distintos e são projetados para dar suporte a diferentes tipos de atividade, visando alcançar objetivos específicos de aprendizagem (sejam eles explícitos ou não).

Devido à popularização destas ferramentas e ao crescente interesse por este campo, nos últimos anos muitas propostas para a inserção da robótica e programação física no contexto escolar vêm sendo apresentadas, inclusive no Brasil (e.g. Batista, Silva, & Stroeymeyte, 2014; D'Abreu & Bastos, 2015; Miranda, Sampaio, & Borges, 2010; Pozzebon & Frigo, 2013; Silva, 2009).

2.4. Criatividade

A criatividade é um fenômeno bastante complexo e levanta muitas questões no que tange à sua definição. Não há consenso entre pesquisadores da área a respeito do que seja a criatividade, e talvez por isso este termo venha sendo utilizado de maneira indistinta para se referir a diferentes aspectos da experiência humana.

Especialmente no campo da educação, pesquisadores e governos têm defendido a importância de se estimular a criatividade em sala de aula, qualificando-a como uma competência do século XXI (Ananiadou & Claro, 2009; Dede, 2010; Voogt & Roblin, 2012). Entretanto, nestes contextos, poucas vezes a criatividade é definida de forma precisa, e por conta desta ausência de clareza na sua definição, podem ser criadas estratégias cujos resultados são de difícil avaliação. Conforme pontua Dede (2010, p. 51), “muitas reformas educacionais têm falhado por um problema de Torre de Babel invertido, no qual as pessoas utilizam as mesmas palavras, mas querem dizer coisas diferentes”.

Dada a importância do desenvolvimento de estratégias pedagógicas que estimulem o potencial criativo dos estudantes, uma questão relevante a se considerar diz respeito à avaliação dos impactos que diferentes abordagens educacionais podem ter no desenvolvimento da criatividade, o que exige uma definição clara do que se entende por criatividade.

Discutiremos a seguir brevemente a respeito das possibilidades de conceituação da criatividade a partir de sua evolução histórica, para apresentar a visão adotada neste estudo. Em seguida, revisaremos de forma concisa o panorama da criatividade no campo educacional, concluindo com uma discussão sobre suas formas de avaliação.

2.4.1 Definições e evolução do conceito

O interesse da psicologia pelo estudo da criatividade ocorreu de forma mais acentuada a partir da década de 1950, quando diversos aspectos associados a ela passaram a ser investigados por pesquisadores do campo. Guilford, um dos pioneiros no estudo da criatividade e responsável pela sua concepção moderna, associou o pensamento criativo ao pensamento divergente, que envolve a produção de respostas múltiplas ou alternativas a partir de uma informação disponível, e “requer fazer combinações inesperadas, reconhecer conexões em associações remotas, transformar a informação em formas inesperadas” (A. Cropley, 2006, p. 391).

Para Guilford (1956), o pensamento divergente seria composto por quatro características centrais: fluência (produção de um grande número de ideias), flexibilidade (diversidade das ideias), originalidade (produção das ideias incomuns) e elaboração (capacidade de detalhamento das ideias). Embora o autor apontasse para a importância do pensamento divergente na prática criativa, destacou a necessidade da confluência dos pensamentos divergente e convergente para que a criatividade possa se manifestar (A. Cropley, 2006), reconhecendo também o papel de fatores de personalidade como interesses, atitudes e temperamento na produção criativa (Fishkin, 1999).

Os estudos de Guilford tiveram forte influência sobre Paul Torrance, um dos pesquisadores que mais se dedicou ao estudo da criatividade. Baseado no modelo do

intelecto de Guilford, Torrance criou e aprimorou diversos testes visando a avaliação do potencial criativo. Torrance (1965) definiu a criatividade como o processo de: tornar-se sensível a problemas, deficiências, lacunas no conhecimento e desarmonias; identificar a dificuldade; buscar soluções, fazer suposições ou formular hipóteses acerca das deficiências; testar estas hipóteses; e, por fim, comunicar os resultados. No entanto, seus testes propõem-se e limitam-se a avaliar tão somente o pensamento divergente, já que muitos fatores estão envolvidos na manifestação da criatividade. Os trabalhos de Guilford e de Torrance contribuíram para a abordagem psicométrica da criatividade, e baterias de testes baseadas no pensamento divergente desenvolvidas por Torrance vêm sendo amplamente utilizadas até os dias de hoje para avaliação da pensamento criativo.

No início dos anos 1980, Theresa Amabile apontou que, historicamente, a criatividade vinha sendo definida em termos de processo, pessoa e produto (Amabile, 1983), e propôs uma nova visão, considerando o contexto como um fator crucial para o desenvolvimento criativo. Em seu Modelo Componencial da Criatividade (1983), sugeriu que a emergência da criatividade resulta da interação entre habilidades criativas do indivíduo, habilidades relativas a conhecimentos em um campo do conhecimento e motivação.

Csikszentmihalyi (1999) propôs ainda que a criatividade não se constitui como um processo exclusivamente mental e individual, mas como um fenômeno tão cultural e social quanto psicológico. Segundo este autor, “variáveis externas ao indivíduo devem ser levadas em conta se queremos explicar por que, quando e como novas ideias ou produtos surgem e se estabelecem em uma cultura” (p. 313, tradução nossa). Nesta perspectiva, a criatividade não ocorre apenas dentro da mente de um sujeito, mas na sua interação com o contexto sociocultural no qual este está inserido e, portanto, deve ser encarada como fenômeno sistêmico, e não individual (Csikszentmihalyi, 1997). O autor chama a atenção para o fato do termo criatividade ser utilizado de forma indistinta para se referir a diferentes características humanas, o que gera confusão e falta de clareza na sua conceituação. Assim, apresenta três formas de concepção comumente aceitas para designar pessoas criativas, que se diferenciam não em questão de grau, mas na forma de expressão da criatividade (Csikszentmihalyi, 1997). O primeiro tipo refere-se a pessoas que expressam pensamentos não usuais. Entretanto, para o autor, a menos que estas deixem uma contribuição permanente para a cultura, devem ser tratadas como

brilhantes, e não criativas. O segundo tipo diz respeito a pessoas que vivem de forma original, fazendo muitas vezes descobertas sobre o mundo sem necessariamente compartilhá-las com uma comunidade. Para o autor, estas pessoas devem ser tratadas como *pessoalmente criativas*. Por fim, a terceira forma de conceituação da criatividade, na qual Csikszentmihalyi concentra seus estudos, refere-se a indivíduos que contribuem para uma mudança da cultura de forma significativa (como, por exemplo Einstein ou Beethoven).

Entretanto, conforme pontua, “é perfeitamente possível fazer uma contribuição criativa sem ser brilhante ou pessoalmente criativo, assim como é possível - e até provável - que alguém pessoalmente criativo nunca contribua com nada para a cultura” (Csikszentmihalyi, 1997, p. 27, tradução nossa).

De acordo com o modelo de Csikszentmihalyi, a criatividade do terceiro tipo resulta da interação entre três elementos: (a) um domínio ou cultura, que contém regras simbólicas, (b) a pessoa, responsável por trazer a novidade ao domínio simbólico, e (c) um campo de especialistas que reconhecem e validam a inovação. Apesar de referirem-se a aspectos diferentes do processo criativo, todos os três elementos são necessários para que uma descoberta, ideia ou produto criativo ocorra e, portanto, o estudo deste tipo de criatividade deve ir além da compreensão dos indivíduos responsáveis por uma ideia ou produto novo, uma vez que sua contribuição é apenas um elo numa cadeia maior do processo:

“Dizer que Thomas Edison inventou a eletricidade ou que Albert Einstein descobriu a relatividade é uma simplificação conveniente. Ela satisfaz nossa antiga predileção por histórias que são fáceis de compreender e que envolvem heróis sobre-humanos. Mas as descobertas de Edison ou Einstein seriam inconcebíveis sem um conhecimento anterior, sem a rede social e intelectual que estimulou seus pensamentos, e sem os mecanismos sociais que reconheceram e espalharam suas inovações. Dizer que a teoria da relatividade foi criada por Einstein é como dizer que a fagulha é responsável pelo fogo. A fagulha é necessária, mas sem o ar e um pavio, não haveria chama.” (Csikszentmihalyi, 1997, p. 7, tradução nossa)

Nesta concepção, a criatividade constitui-se como um ato, uma ideia ou um produto que modifica um domínio existente, ou que o transforma em um novo domínio, tendo como resultado mudanças no sistema simbólico que afetam os pensamentos e

sentimentos dos membros daquela cultura (Csikszentmihalyi, 1999). Assim, não depende apenas de características pessoais, mas exige uma confirmação social que passa pela aceitação de juízes apropriados de uma determinada área, responsáveis por avaliar se aquela ideia ou produto tem valor suficiente para ser adicionada àquele campo do conhecimento. Além disso, está implícito nesta definição que uma pessoa não pode ser criativa em um domínio ao qual nunca foi exposta.

Após as contribuições de pesquisadores como Amabile e Csikszentmihalyi a respeito da influência do contexto social no fenômeno criativo nas últimas décadas, hoje as investigações sobre o tema têm sido classificadas nas categorias de processo, pessoa, produto e contexto (Runco, 2004).

No entanto, a criatividade, assim como suas teorias, pode apresentar-se de diversas formas (Sternberg, 2012). Kaufman e Beghetto (2009) fazem a distinção entre quatro níveis de criatividade: o C-maiúsculo, encontrado em gênios como Einstein; o c-minúsculo, que se manifesta na criatividade cotidiana; o mini-c, presente no processo de aprendizagem; e Pro-c, que ocorre na progressão entre o c-minúsculo e c-maiúsculo.

Diversas outras classificações a respeito de formas de criatividade têm sido propostas, o que demonstra a complexidade do tema e aponta para uma vastidão de linhas teóricas e empíricas de pesquisa.

O presente estudo tem como foco a criatividade do tipo *mini-c*, definido como *novas e pessoalmente significativas interpretações de experiências, ações e eventos* (Beghetto & Kaufman, 2007). Este conceito se aproxima da descrição de indivíduos *pessoalmente criativos* (Csikszentmihalyi, 1997) e da *criatividade pessoal* de Runco (1996, 2004). Portanto, não é nossa pretensão avaliar aspectos da criatividade com C maiúsculo – que deixa traço na matriz cultural –, e concentramo-nos naquilo que se refere às experiências em nível pessoal.

2.4.2 Criatividade na educação

Quando se fala sobre o papel da educação no desenvolvimento criativo, antes de mais nada é importante pontuar que a criatividade não corresponde a uma característica inata e imutável do indivíduo, mas antes a algo passível de ser desenvolvido e estimulado

por meio da prática, conforme apontam autores como Alencar & Fleith (2003), Cramond (1999 e Runco (2004). Para Torrance (1972), a criatividade é caracterizada como um processo inerente ao ser humano, mas atrelado a determinadas habilidades que devem ser praticadas para que funcionem de maneira adequada.

Portanto, a criatividade não ocorre apenas em momentos de inspiração súbita e nem se manifesta como característica de indivíduos especiais, mas é o “resultado de preparação, de aprendizagem, de oportunidades e experiências ricas e diversificadas” (Fleith, Almeida, & Peixoto, 2011, p. 313). Sendo a criatividade resultado da interação entre fatores individuais e ambientais (Amabile, 1996; Sternberg & Lubart, 1999), no contexto escolar seu desenvolvimento será favorecido a partir das relações entre professor, aprendiz e currículo (Renzulli, 1992).

Tendo a educação um papel fundamental no desenvolvimento ou inibição da criatividade, é fundamental que seja oferecido espaço nas escolas para práticas pedagógicas que permitam maior expressão criativa dos estudantes, bem como para o estudo e avaliação de tais práticas.

Em um artigo no qual apresenta uma revisão de 142 pesquisas que buscaram ensinar crianças a pensar criativamente, ainda em 1972, Torrance sugeria:

As abordagens de maior sucesso parecem ser aquelas que envolvem tanto o funcionamento cognitivo quanto o emocional, oferecem estrutura adequada e motivação, e oferecem oportunidades de envolvimento, prática, e interação com professores e outras crianças. (Torrance, 1972, p. 132)

Torrance propunha ainda que, para que aprendizagens voltadas à criatividade tivessem efeito duradouro, estas deveriam conectar-se a interesses pessoais do indivíduo e despertar sua motivação interna (Wechsler, 1993).

Muitas pesquisas foram realizadas na última década buscando compreender o papel da escola no estímulo ou inibição do desenvolvimento criativo de crianças e jovens. No Brasil, diversos estudos a respeito do tema foram conduzidos em escolas de educação básica (Alencar, 2008; Alencar, Fleith, Boruchovitch, & Borges, 2015; Fleith, Alencar, & Alencar, 2005), bem como na educação superior (Alencar & Fleith, 2010; David, Nakano, & Moraes, 2011; Wechsler & Nakano, 2011).

Alencar e colaboradores (2015), identificaram que gestores de instituições de ensino fundamental apontam como fatores inibidores da criatividade mais comuns, neste contexto, o desconhecimento dos professores de práticas pedagógicas que poderiam ser utilizadas para propiciar o desenvolvimento da criatividade dos alunos, a falta de entusiasmo pela atividade docente e o elevado número de alunos em sala de aula. Em pesquisa feita com professores de ensino fundamental, Alencar (2008) observou que as principais barreiras indicadas pelos professores referem-se ao aluno - citando problemas relacionados a um elevado número de alunos em sala e a alunos com dificuldades de aprendizagem. Já na visão dos alunos, em geral, a criatividade é pouco estimulada pelos professores, que tendem a se descrever como mais dinâmicos e motivadores do que a percepção dos estudantes indica (diversos estudos sobre este tema podem ser encontrados em Fleith et al., 2005).

No contexto escolar, o engajamento, a motivação e o interesse dos alunos é essencial para que estes possam expressar e desenvolver sua criatividade. De acordo com o “Princípio da Motivação Intrínseca da Criatividade” de Amabile (1996), as pessoas tendem a ser mais criativas quando estão motivadas por interesse genuíno, satisfação pessoal e por desafios dos trabalhos em si. Para a autora,

“As pessoas fazem seus trabalhos mais criativos quando estão apaixonadas pelo que estão fazendo. Estes níveis elevados de motivação intrínseca são influenciados tanto pelo interesse básico da pessoa em um tipo particular de trabalho como pelo ambiente de trabalho que a circunda” (Amabile & Fisher, 2009)³

Por outro lado, a criatividade tende a ser inibida por diversos fatores, como quando recompensas externas são previamente determinadas, quando há avaliação externa da tarefa, quando é oferecido um tempo curto que causa pressão no desempenho da tarefa ou atividade, quando há competição, demasiada supervisão, ou ainda quando as escolhas são excessivamente limitadas em termos de materiais de trabalho ou abordagem (Amabile & Fisher, 2009; Craft, 2001). Segundo Amabile & Fisher (2009), a competição

³ Tradução nossa. Trecho original: “People do their most creative work when they are passionate about what they are doing. Such high levels of intrinsic motivation are influenced both by a person’s basic interest in a particular kind of work and by the work environment surrounding the person.”

entre pares foi apontada como um fator especialmente danoso à motivação intrínseca e à criatividade em diversos estudos.

Estudos com crianças apontam que recompensas externas e avaliação inibem a criatividade e a motivação, mesmo quando um computador é a fonte de tais recompensas ou o instrumento de avaliação (Hennessey, 1989). E ainda, a ausência de pressão externa pode impactar positivamente a criatividade ao influenciar a paixão pelo trabalho a ser realizado (Amabile, 1996; Amabile & Fisher, 2009).

As contribuições de estudos da criatividade no campo da psicologia aqui apresentadas fundamentaram as estratégias utilizadas na presente pesquisa, que serão retomadas no Capítulo 4.

2.4.3 A avaliação da criatividade

A criatividade pode ser avaliada de diversas formas, e existe uma vasta literatura sobre o tema. De acordo com a classificação proposta por Hocevar & Bachelor (1989), há ao menos oito formas distintas de medida da criatividade. São elas: (a) testes de pensamento divergente; (b) inventários de atitudes e interesses; (c) inventários de personalidade; (d) inventários biográficos; (e) nomeação por professores, colegas, supervisores; (f) julgamento de produtos; (g) reconhecimento da sociedade; e (h) auto-relato de atividades e realizações criativas.

Alencar, Fleith, & Bruno-Faria (2010) reduzem a classificação dos instrumentos mais comuns para avaliação da criatividade a quatro grandes categorias: (a) testes de pensamento criativo; (b) inventários de interesses, de personalidade, biográficos e de estilos cognitivos; (c) nomeação por professores, pares e supervisores; e (d) julgamento de produtos.

Para um panorama mais completo dos testes, inventários e escalas que têm sido utilizados na avaliação da criatividade, consulte-se Runco (1999).

Dentre os instrumentos de avaliação do pensamento criativo, os testes de pensamento divergente baseados no modelo de Guilford são atualmente o tipo mais utilizado para a avaliação do potencial criativo (Alencar et al., 2010; Kim, 2006). Para avaliação do pensamento divergente, os instrumentos mais estudados, traduzidos e

utilizados são os Testes de Torrance do Pensamento Criativo (TTPC) (Fishkin, 1999; Kim, 2006; Nakano & Wechsler, 2006), que possuem uma versão verbal e figural, cada qual com duas formas paralelas (A e B).

Torrance demonstrou a existência de características nos desenhos capazes de predizer a criatividade na vida real (Wechsler, 2001). Em seus testes, a avaliação do pensamento divergente é realizada por meio da análise de respostas ou desenhos em cadernos de atividades, de acordo com critérios estabelecidos em manuais. Ressalta-se, no entanto, que tais testes não se propõem a avaliar a criatividade em si, já que esta depende de diversos fatores, mas sim o pensamento criativo, necessário para que a criatividade ocorra.

No ambiente escolar, os testes de Torrance têm sido também os instrumentos mais utilizados para a avaliação da criatividade (Wechsler, 2001), e tanto sua forma figural quanto verbal já foram adaptados e validados para a cultura brasileira (Wechsler, 2004).

Dada a validação dos testes de Torrance para o contexto brasileiro e adequação ao interesse deste estudo em avaliar o pensamento criativo dos estudantes, optamos por sua aplicação como um dos instrumentos de pesquisa. Considerando o interesse deste estudo em avaliar o impacto das atividades propostas na criatividade e sentimento criativo dos estudantes, os instrumentos de coleta de dados se concentrarão na avaliação dos aspectos relativos à pessoa (estudantes), por meio da aplicação do TTPC, e ao contexto (ambiente de sala de aula), realizado a partir da Escala sobre o Clima para Criatividade em Sala de Aula (Fleith et al., 2011). Os instrumentos aplicados serão descritos em detalhes no Capítulo 4.

2.5. Conclusões

Neste capítulo apresentamos os referenciais teóricos que embasaram a elaboração dos currículos propostos ao longo desta pesquisa. A conexão das perspectivas construtivista e construcionista à abordagem exploratória, aliada às contribuições de estudos sobre criatividade, pautou o desenvolvimento das estratégias, atividades e materiais que serão descritos em detalhes nas próximas sessões.

3. MATERIAIS E AMBIENTES DE PROGRAMAÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os ambientes de programação, o kit de programação física e outros materiais utilizados durante a aplicação do currículo proposto. Também é apresentado o processo de desenvolvimento do kit de programação física utilizado.

Considerando os objetivos pedagógicos apresentados no Capítulo 1, as atividades tiveram um foco menos voltado à compreensão de conceitos eletrônicos e ao aprofundamento de práticas e conceitos de programação, de forma a privilegiar processos de exploração para ganho de confiança e expressão de ideias criativas.

Para que a criatividade possa se manifestar e se desenvolver, é importante que seja oferecido espaço para a mudança de caminho ao longo do desenvolvimento de projetos. O processo criativo ocorre de maneira mais significativa a partir da iteração, da ressignificação e de alterações de rumos que ocorrem a partir da interação com os materiais - já que a reflexão sobre os melhores caminhos a seguir a partir de cada iteração permitem o vislumbre de novas possibilidades que podem levar a mudanças de trajeto. Para que isso ocorra, no entanto, os materiais e as atividades propostas devem ser convidativos a tais mudanças, e o incentivo à constante reavaliação dos próximos passos, e inclusive do produto final, é um aspecto relevante a ser considerado.

Desta forma, as escolhas feitas em relação ao ambiente de programação, *design* do kit de programação física e materiais para construção, foram interligadas e alinhadas de forma a incentivar o processo iterativo.

3.1. Ferramenta de programação

Para a aproximação dos estudantes com conceitos e práticas iniciais de programação, foi adotado o Scratch, uma linguagem de programação gráfica criada pelo *Lifelong Kindergarten Group* do *Massachusetts Institute of Technology* (Resnick et al., 2009). O Scratch foi projetado para oferecer um primeiro contato com a programação para crianças e para dar suporte a práticas exploratórias no aprendizado de conceitos computacionais e à expressão criativa. O desenvolvimento do Scratch foi inspirado pela

linguagem Logo desenvolvida por Papert, mas buscou oferecer uma maneira mais fácil de lidar com a sintaxe de programação, permitir a conexão a interesses pessoais dos jovens, e oferecer um contexto que permitisse maior orientação quando algo dá errado, bem como mais oportunidades para aprofundamento quando algo funciona da forma correta. Assim, três princípios fundamentaram seu desenvolvimento: torná-lo mais significativo, social e exploratório (*tinkerable*) do que outros ambientes de programação (Resnick et al., 2009).

3.2.Ferramenta de programação física

Existem diversas ferramentas disponíveis para que crianças e iniciantes programem microcontroladores, como Ardublock, Scratch for Arduino (S4A), Snap for Arduino, entre outras.

Nesta pesquisa, optou-se pela utilização do S4A (CITILAB, 2016), desenvolvido com base no Scratch, devido a duas características que auxiliam no teste rápido de ideias: a) visualização constante dos valores das portas de entrada em um painel atualizado em tempo real (**Figura 1**); e b) facilidade para ligar e desligar as portas de saída, observando rapidamente o resultado de mudanças na programação.

Figura 1. Painel de monitoramento das portas de entrada do S4A.
Fonte: Autoria própria com base no programa S4A.

O S4A facilita a integração da programação com os recursos computacionais físicos, permitindo que as instruções a serem executadas sejam inseridas no programa através da junção de blocos, que reduzem as possibilidades de erros de sintaxe (**Figura**

2). Para sua utilização em sala de aula, nesta pesquisa, os blocos foram traduzidos para o português, de forma a diminuir as barreiras linguísticas na criação de programas.

Figura 2. Exemplos de blocos utilizados para programação dos pinos de saída no S4A.

Fonte: Autoria própria com base no programa S4A.

3.3. Materiais para construção

Para a construção de projetos no mundo físico, foram selecionados materiais familiares e facilmente encontrados, buscando incentivar o pensamento a respeito de novas possibilidades de seus usos em diferentes contextos. Além disso, a escolha dos materiais levou em consideração a facilidade de encaixe dos itens, de forma a permitir experimentos rápidos e fáceis rearranjos entre as partes, com curtos intervalos de tempo entre a realização de uma alteração no projeto e a análise de seu efeito.

Além dos recursos que permitiriam a criação de estruturas mecânicas, foram também disponibilizados materiais voltados a enriquecer o aspecto estético dos projetos, para oferecer diferentes formas de expressão criativa aos estudantes (**Figura 3**).

Os materiais utilizados na criação dos artefatos incluem placas eucatex perfuradas (que serviram de estrutura para a fixação de módulos) e materiais de fácil aquisição, como papelão, pregadores de roupa, elásticos, arames encapados, parafusos, bolinhas de gude, conduítes, tecidos, fitas de cetim, barbante, limpadores de cachimbo coloridos e pompons (**Figura 4**). Foram ainda disponibilizadas ferramentas como cola quente, alicates, durex, tesoura e estiletes.

Em determinados momentos, os estudantes também contribuíram para o conjunto de materiais oferecidos, trazendo de suas casas sucata e brinquedos quebrados para serem utilizados na criação de projetos.

No que se refere à disposição dos materiais, foram seguidas as orientações dos referenciais sugeridos por Petrich e colaboradores (2013), apresentados no Capítulo 2.

Na fase de construção de projetos no mundo físico, foram apresentados aos estudantes exemplos de projetos elaborados previamente para servir de inspiração, e foram oferecidos em uma mesa materiais que deveriam ser compartilhados pelos estudantes (ao invés de entregar um conjunto de materiais a cada grupo), buscando incentivar a colaboração e a autonomia, e fazê-los circular pela sala, entrando em contato com as ideias dos demais grupos.

Figura 3. Exemplos de materiais utilizados na construção de projetos.
Fonte: Autoria própria

Figura 4. Exemplos de materiais utilizados na construção de projetos.
Fonte: Autoria própria

3.4. Kit de programação física desenvolvido

Após realização de levantamento de disponibilidade de kits de robótica educacional e outros recursos de programação física no mercado brasileiro, não encontramos materiais de custo acessível e que se adequassem às necessidades da abordagem exploratória proposta nesta pesquisa, permitindo a iteração rápida, a integração com materiais cotidianos e a construção de estruturas de média escala.

Assim, foi criado um kit de programação física, chamado de BetaKit, durante o ano de 2015. O seu desenvolvimento passou por diversas etapas de prototipação, ao mesmo tempo em que foi submetido ao uso de estudantes. Nesta seção, apresentaremos as características deste kit, bem como a fundamentação das escolhas feitas em seu desenvolvimento.

Os principais aspectos não atendidos pelos kits disponíveis no mercado referem-se à combinação de: (a) possibilidade de construção de estruturas em média escala, (b) robustez para uso em sala de aula com estudantes de ensino fundamental e (c) custo.

Apesar de existirem kits que atendem a cada uma destas características, não encontramos algum que combinasse todos os aspectos apontados. Kits como o Grove Kit e GogoBoard possuem um custo acessível e permitem a utilização de uma variedade de sensores e atuadores. Porém, o tamanho dos fios para conexão limita a dimensão daquilo que pode ser construído, sendo mais indicado para projetos em pequenas escalas. Outros kits que utilizam módulos que não requerem a conexão por fios, como o Pico Cricket⁴, são demasiadamente caros. Além disso, a maioria dos kits disponíveis utiliza conectores que podem ser danificados após o uso contínuo por um público inexperiente.

Assim, foi desenvolvido, juntamente com o colega Nathan Rabinovitch, o BetaKit, kit didático de programação física, constituído de pequenas caixas de MDF contendo sensores e atuadores, um microcontrolador, cabos de um metro para a conexão dos componentes e conectores de áudio. O BetaKit foi projetado para permitir a criação de objetos interativos que integram materiais de baixo custo e que podem ser facilmente encontrados, com sensores e atuadores programados para interagir com o ambiente.

O desenvolvimento do BetaKit foi orientado pelos referenciais fornecidos por Resnick et al. (2005), Resnick e Rosenbaum (2013), e Resnick e Silverman (2005), buscando favorecer posturas exploratórias de aprendizagem com foco na expressão criativa. As Figura 6 e 6 ilustram alguns dos módulos desenvolvidos.

Figura 5. Módulos do Betakit.
Fonte: Autoria própria

⁴ Apesar de não estar mais disponível para venda no mercado, o PicoCricket foi um dos kits analisados neste estudo.

Figura 6. Módulos do Betakit.
Fonte: Autoria própria

O BetaKit é baseado em um microcontrolador Arduino, que permite a escolha entre uma variedade de linguagens para programá-lo, dentre as quais diversas linguagens baseadas em blocos. Conforme apresentado, optou-se pela utilização do S4A buscando favorecer o teste rápido de ideias. Assim, embora seja possível fazer o *upload* de *firmwares* permanentes para a placa Arduino, optou-se por trabalhar com comunicação serial, uma vez que o foco foi dado para atividades envolvendo iterações rápidas e não aplicações permanentes.

O Arduino fica alocado dentro de uma caixa de MDF com conectores de áudio (Figura 7), de forma que a conexão dos módulos ao microcontrolador seja facilitada. Foram selecionados 12 pinos a serem expostos, os quais já estavam prontos para uso no ambiente S4A (5 para entradas, 5 para saídas e 2 para motores servo).

Figura 7. Representação da caixa com o microcontrolador conectado ao módulo LED.
Fonte: Autoria própria

Cada conjunto de pinos, (entradas, saídas, motores) localiza-se em um dos lados da caixa, de forma a facilitar o mapeamento das conexões a serem feitas aos diferentes tipos de componentes. Os componentes utilizados nas aulas foram botões, sensores de luz, sensores infravermelhos (ou de proximidade), potenciômetros, servo motores, LEDs, lasers e alarmes.

Papert chamava a atenção para a importância de se oferecer *pisos baixos* (formas fáceis de começar) e *tetos altos* (maneiras de complexificar os projetos ao longo do tempo) ao desenvolver ferramentas e atividades de programação e robótica. Além destes dois princípios de design, Resnick et al. (2005) e Resnick e Silverman (2005) apontam ainda para a necessidade de oferecer *paredes amplas* (formas de envolver alunos com interesses diversos), de maneira a incentivar a participação e a expressão criativa.

Embora se considere importante oferecer tetos altos na programação física, optou-se, nesta pesquisa, por concentrar nos aspectos que favorecem *pisos baixos* e *paredes amplas*, uma vez que se buscava oferecer experiências que despertassem o interesse e a criatividade num currículo introdutório para crianças do ensino fundamental II. A seguir, são apresentadas as características do kit desenvolvido em relação a estes dois princípios, utilizando o conceito de exposição seletiva proposto por Blikstein (2015) para analisar a sua usabilidade.

3.4.1 Princípio de Pisos baixos (formas fáceis de começar)

Compreender conceitos eletrônicos de forma aprofundada não foi um dos objetivos de aprendizagem do currículo proposto. Portanto, optou-se por não expor os componentes eletrônicos internos aos usuários. Uma placa acoplada ao Arduino (*shield*) torna possível conectar os módulos ao microcontrolador através de cabos de áudio (cada um com seu próprio terra e VCC), estando este conjunto (Arduino e *shield*) protegido dentro de uma caixa de MDF onde os números dos pinos estão gravados. Os sensores e atuadores também estão dentro de pequenas caixas de MDF soldados a conectores de áudio para reduzir a chance de cometer erros ao conectar os elementos.

Blikstein (2015) propõe um *framework* para análise da exposição seletiva - o que está exposto em termos de *hardware* e *software* - para analisar a usabilidade (pisos baixos) e a potência (tetos altos) de kits robóticos e dispositivos de programação física.

De acordo com este *framework*, existem oito elementos ou conceitos comuns que podem ser expostos ou ocultados em kits de programação física: resistores; compreensão da lei de Ohm; funcionalidade da *protoboard*; polaridade; pinos do microcontrolador; conexões elétricas; programação; e os conceitos de entradas e saídas. Considerando nossos objetivos de aprendizagem, concentramo-nos na alta modularidade para permitir a exploração dos aspectos de construção, expondo as crianças apenas aos pinos do microcontrolador, às conexões elétricas (com cabos de áudio), à programação e à distinção entre entradas e saídas. Optamos por ocultar aspectos eletrônicos de forma a reduzir as etapas de depuração de erros e a permitir que os estudantes possam se concentrar em explorações com os materiais através de iterações rápidas.

No que se refere à correção de erros, o uso de cabos de áudio, que podem ser conectados em qualquer posição, permite que o kit por si só comunique como as partes devem ser conectadas. Uma característica importante dos cabos de áudio é sua simetria radial, que limita as possibilidades de conexões erradas e, portanto, as chances de mau funcionamento e de danificar os componentes no caso de curtos-circuitos. Além disso, uma característica importante deste tipo de conector é a sua robustez: uma vez que não há formas erradas de conexão, o conector dificilmente é danificado.

Uma pesquisa aponta que o aumento do grau de modularidade de kits eletrônicos pode impactar positivamente na originalidade dos resultados de prototipação, enquanto ferramentas com baixa modularidade podem acabar por limitar a criatividade por conta do aumento da chance de cometer erros de montagem no processo (Sadler, Shluzas, & Blikstein, 2016). Assim, dado o foco na expressão criativa, os materiais foram desenvolvidos de forma altamente modular para permitir testes rápidos e limitar o erro de conexões, dado que, quanto mais rápido o processo interativo for, mais ideias podem ser geradas, testadas e refinadas.

3.4.2 Princípio de Paredes amplas (formas de envolver alunos com interesses diversos)

Ao pensar em formas de oferecer meios de expressão para crianças com interesses diversos, foi experimentada nesta pesquisa uma grande variedade de materiais e componentes, tendo sido selecionados aqueles que pudessem ser utilizados de maneiras diversas e flexíveis.

Assim, os sensores e atuadores do kit foram cuidadosamente escolhidos para permitir múltiplas formas de interação. Os interruptores, por exemplo, são fáceis de serem pressionados devido à sua haste longa, o que torna possível o seu pressionamento por objetos relativamente leves (Figura 8). Esta característica permite que os botões sejam utilizados em uma variedade de aplicações lúdicas, incluindo interações com bolinhas de gude para a criação de jogos.

Figura 8. Botão utilizado no BetaKit.
Fonte: Autoria própria.

A utilização do sensor de luz em conjunto com o laser também é versátil para a construção de projetos interativos, oferecendo uma maneira fácil de verificar se algo está entre eles, mesmo se separados por longas distâncias (Figura 9). O próprio sensor de luz pode ser usado para uma variedade de aplicações, podendo funcionar (se devidamente programado) como um sensor de inclinação ou como um detector de proximidade, por exemplo.

Figura 9. Módulos laser e LDR utilizados em conjunto.

Fonte: Autoria própria

Outro aspecto importante, e talvez o principal, em relação às paredes amplas são os cabos utilizados para conectar os módulos à caixa do microcontrolador. Optou-se por utilizar cabos de áudio com extensão de um metro, o que possibilita a criação de estruturas em escala média. Assim, os projetos não precisam ser tão pequenos em consequência das limitações do tamanho dos cabos de conexão, permitindo a criação de projetos bastante diversificados (Figura 10).

Figura 10. Exemplo de projeto criado por crianças com o BetaKit.

Fonte: Autoria própria

Tal como o PicoCricket (Rusk et al., 2008), o Betakit possui abas para facilitar a sua fixação a outros materiais. Porém, além das abas da base, há um par de abas também

no eixo vertical, tornando-o mais versátil para a anexação em diferentes posições. Estas abas tornam possível fixar os componentes em placas perfuradas e em materiais como papelão ou sucata, proporcionando mais opções para criações mecânicas (**Figura 11**).

Figura 11. Botão conectado com arame encapado a uma placa perfurada.
Fonte: Autoria própria

O kit não vem com peças mecânicas por razões pedagógicas. A intenção desta decisão foi incentivar as crianças a olhar para o ambiente em torno delas à procura de materiais potencialmente úteis para a criação. Esta prática pode estimular a criatividade para construir com uma gama diversificada de recursos e para olhar para materiais conhecidos no mundo de novas maneiras (Petrich et al., 2013). Dado que alguns materiais iniciais podem ser úteis para as explorações, são oferecidos aos estudantes elementos flexíveis testados em experiências anteriores que foram considerados adequados para uma grande variedade de aplicações, como arames encapados para conectar os módulos, parafusos, placas perfuradas, pregadores de roupa e caixas de papelão.

Para confecção das caixas de MDF e das placas de circuito impresso dos protótipos projetados para esta pesquisa, foram utilizadas ferramentas de fabricação digital, o que permitiu refinamentos constantes do projeto. A utilização de uma cortadora a laser torna possível que qualquer pessoa com acesso ao equipamento corte e monte seus próprios módulos, além de permitir que novas modificações sejam incorporadas de acordo com as necessidades do usuário. Por fim, como as caixas de MDF são compostas de peças encaixáveis, é possível abrir facilmente os módulos para corrigir problemas no circuito eletrônico interno.

A ideia era tornar o kit mais acessível com possibilidade de montagem das caixas por estudantes e professores, transformando-os em produtores de seus próprios materiais e abrindo caixas pretas - em uma intenção semelhante à do projeto Gogo Board

(Blikstein, 2015). Tivemos experiências com estudantes de outros contextos soldando e montando os kits, o que levou a uma grande sensação de outros aprendizados.

3.4.3 Limitações

Apesar das características descritas acima, também foram observadas algumas limitações no BetaKit.

Em primeiro lugar, os sensores e atuadores têm de ser conectados à caixa do microcontrolador com cabos que, ainda que longos, limitam a extensão do que pode ser construído. Tais conexões podem também criar confusão quando muitos componentes estão sendo utilizados simultaneamente. Embora fossem utilizados cabos coloridos para tornar mais fácil o mapeamento dos módulos aos pinos correspondentes do Arduino, outras formas de comunicação entre as peças e o microcontrolador ou computador (como wi-fi ou Bluetooth) tornariam estes cabos desnecessários. Tais dispositivos de comunicação aumentariam o custo, mas podem ser um importante ponto de melhoria para o futuro, quando seus preços se tornarem mais acessíveis.

Além disso, o BetaKit não explicita as diferenças entre as categorias de peças (sensores, atuadores e motores), o que requer alguns testes iniciais para que os usuários possam categorizar os elementos por si sós. Além disso, não há indicações de funcionalidade; por isso, se algo não funciona de forma adequada, não é possível saber se o mau-funcionamento se deve a uma má conexão ou a um erro de programação.

Estes dois aspectos, que estão conectados à exposição seletiva para usabilidade, estão sendo repensados para as próximas versões do BetaKit.

O nome BetaKit foi escolhido para enfatizar o aspecto iterativo de seu desenvolvimento e suas características que permitem o teste constante de ideias. Cabe ressaltar que, ao observar o seu uso em contextos educacionais reais, segue-se prototipando e revisando pontos de melhoria para novas versões, a partir de observações e sugestões dos estudantes e professores usuários.

3.5 Conclusões

Neste capítulo, foram apresentados os materiais utilizados nas atividades propostas, que envolvem os ambientes de programação Scratch e Scratch for Arduino, e os recursos utilizados para a construção dos projetos. Discutimos ainda alguns princípios que guiaram o desenvolvimento do kit de programação física utilizado nesta pesquisa, baseados nas ideias de pisos baixos e paredes amplas.

Tais materiais foram selecionados e desenvolvidos de forma a permitir a experimentação e exploração de forma iterativa e o desenvolvimento de projetos conectados aos interesses pessoais dos estudantes – aspectos fundamentais na elaboração do currículo proposto.

4. DESENHO DA PESQUISA E FASES DE APLICAÇÃO

Os resultados e processos de aprendizagem dificilmente podem ser caracterizados por relações simples de causa e efeito, pois são altamente interdependentes de interações sociais e cognitivas complexas (Brown, 1992). Assim, considerando o objetivo da presente pesquisa de compreender as implicações do currículo proposto no desenvolvimento da criatividade e autopercepção criativa dos estudantes em um sistema complexo como uma sala de aula, optou-se pela adoção de estratégias baseadas nas propostas do *Design Based Research*, ou DBR (Brown, 1992; Collins, 1992). Nesta perspectiva, os processos de aprendizado são estudados a partir do desenho sistemático de ferramentas e estratégias de intervenção em ambientes reais de aprendizagem (DBRC, 2003), permeando-os de práticas reflexivas entre estudantes, professores e pesquisadores (Brown, 1992).

Segundo Barab & Squire (2004), a DBR tem como objetivo produzir novas teorias, artefatos ou práticas que possam impactar os ambientes de ensino-aprendizagem. Assim, a pesquisa baseada neste referencial busca aprimorar a prática educativa e apontar dificuldades e novas questões a respeito de teorias, com contribuições nos campos prático e teórico (Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004).

De acordo com o *Design Based Research Collective* (DBRC, 2003), este tipo de pesquisa caracteriza-se por cinco pontos centrais: (a) o desenho de ambientes de aprendizagem e o desenvolvimento de teorias da aprendizagem são processos entrelaçados; (b) a pesquisa passa por ciclos contínuos que envolvem projetar, colocar em prática, analisar e reprojetar; (c) os resultados são comunicados a outros agentes envolvidos na prática ou na pesquisa; (d) a pesquisa deve contribuir para o entendimento da aplicação do projeto em contextos reais, destacando as interações a partir daquilo que deu certo e errado para uma compreensão mais aprofundada das dificuldades encontradas; e (e) devem ser utilizados métodos de documentação que permitam conectar a prática com os resultados de interesse do estudo.

Destaca-se a importância para os ciclos iterativos de análise, projeto, desenvolvimento e implementação, que permitem a adaptação contínua das intervenções para adequação a ambientes reais e complexos.

Segundo Brown (1992), é fundamental que as intervenções sejam estruturadas a partir de descrições teóricas que fundamentem as razões de seu funcionamento e que as tornem replicáveis e confiáveis. Desta forma, tais pesquisas podem contribuir para o desenvolvimento e sustentação de ambientes de aprendizagem inovadores, sujeitos ao aperfeiçoamento contínuo.

Esta metodologia, aliada aos métodos quantitativos de análise, foi selecionada para atender aos objetivos deste estudo, que busca contribuir para a aplicação dos princípios de uma abordagem exploratória ao processo de ensino-aprendizagem de programação física, a partir da reflexão contínua a respeito das práticas pedagógicas aplicadas, da compreensão das vozes dos sujeitos envolvidos no processo e do redesenho iterativo das estratégias adotadas em sala de aula.

A pesquisa teve início a partir da revisão da literatura das áreas envolvidas e do estabelecimento de princípios para a elaboração das atividades e desenvolvimento dos materiais. Tais princípios nortearam a elaboração de um currículo de programação física para estudantes do Ensino Fundamental II a partir do processo iterativo que ocorreu em quatro fases, resumidas na **Tabela 1**.

A fase 1 iniciou-se como etapa preliminar exploratória, a partir de atividades extracurriculares em uma escola particular, com duração de um ano, em 2015. Nesta fase, foi desenvolvido o BetaKit e foram testadas atividades iniciais de programação e de programação física na forma de um currículo-piloto.

Na fase 2 foram colhidas informações com gestores e professores da rede municipal a respeito de suas visões sobre a robótica educacional, a partir de entrevistas e questionários abertos.

A partir da avaliação do currículo-piloto, foi gerado um novo currículo adaptado para um cronograma de 12 semanas na fase 3. Uma nova aplicação da proposta ocorreu em uma escola pública e em uma escola particular, dentro da grade curricular, no ano de 2016. Nesta etapa, colhemos dados a partir de testes e questionários com grupo experimental e controle, de conversas realizadas periodicamente com os estudantes, além de entrevistas no último dia de aula.

Após a análise dos resultados das fases anteriores, o currículo foi reavaliado, adaptado e aplicado na fase 4 a uma nova turma de estudantes de escola pública.

Tabela 1. Fases da pesquisa

Fase 1 2015	Currículo piloto em contexto extracurricular <i>Contexto: Escola particular de São Paulo</i> Participantes: 9 estudantes de 11 a 15 anos, Ensino Fundamental II Professores: pesquisadora em conjunto com o professor de matemática Duração: 24 semanas com aulas semanais de 1h40min (2 semestres) Coleta de dados: Observações e anotações durante cada aula. Entrevistas semiestruturadas com 6 estudantes na última aula.
Fase 2a 2015	Percepção de gestores educacionais da rede pública Participantes: 4 gestores do núcleo de tecnologias da SME-SP Coleta de dados: Grupo Focal com protocolo semiestruturado
Fase 2b 2015	Percepção de professores da rede pública Participantes: 4 turmas de 40 professores cada Duração: Oficina de 4 horas Coleta de dados: questionários abertos
Fase 3 2016-1	Aplicação do Currículo v1 em contexto curricular <i>Contexto 1: Escola Particular de Cotia</i> Participantes: 9 estudantes de 7º ano Professores: pesquisadora Duração: 12 semanas, com aulas semanais de 1h30min Coleta de dados: Observações e anotações durante cada aula; Questionários e entrevistas regulares a respeito da percepção sobre as aulas <i>Contexto 2: Escola Pública Municipal de São Paulo</i> Participantes: 52 estudantes de 7º. ano de 2 turmas Professores: pesquisadora em conjunto com POIE (apoio da professora de matemática) Duração: 12 semanas, com aulas semanais de 1h30min Coleta de dados: Observações e anotações durante cada aula; Entrevistas regulares a respeito da percepção sobre as aulas; TTPC; Escala de Clima para Criatividade em Sala de Aula; Entrevistas semiestruturadas na última aula com 13 estudantes selecionados aleatoriamente
Fase 4 2016-2	Aplicação do Currículo v2 em contexto curricular <i>Contexto: Escola Pública Municipal de São Paulo</i> Participantes: 25 estudantes de 7º. ano de 1 turma Professores: pesquisadora em conjunto com POIE Duração: 9 semanas, com aulas semanais de 1h30min Coleta de dados: Observações e anotações durante cada aula

Estas quatro fases são descritas em detalhes nas próximas seções deste capítulo. Para cada fase, são apresentados os objetivos específicos de sua implantação, o contexto de aplicação, os procedimentos de coleta e análise dos dados, resultados e reflexões a respeito dos resultados encontrados - considerando os aprendizados e dificuldades encontradas, e como estes influenciaram o redesenho das fases subsequentes.

Dado o interesse deste estudo em avaliar o desenvolvimento da criatividade dos estudantes – constructo complexo e de difícil avaliação através da observação direta dos indivíduos –, optou-se pela utilização de medidas quantitativas para tal avaliação. Para isso, foram aplicados testes e questionários padronizados e validados para estes fins ao final da fase 3, que serão apresentados no capítulo 5.

Assim, a partir da triangulação de diferentes instrumentos de coleta de dados e da conexão dos resultados obtidos por meio de instrumentos quantitativos à análise qualitativa dos dados coletados ao longo do processo em entrevistas, conversas e questionários abertos, buscou-se obter uma melhor compreensão dos efeitos das atividades nos aspectos aqui estudados, bem como formular novas perguntas que surgiram a partir de tais análises.

4.1. Seleção da faixa etária

Piaget (1950/2002) propôs a existência de quatro períodos principais no processo de desenvolvimento humano. São eles:

- Período sensório motor: 0 a 2 anos
- Período pré-operatório: 2 a 7 anos
- Período operatório concreto: 7 a 11-12 anos
- Período operatório formal: 11-12 anos em diante

De acordo com Piaget, a partir dos 7 ou 8 anos, a criança torna-se capaz de empregar o raciocínio lógico, mas apenas na medida em que o aplica a eventos ou objetos do presente. Assim, o processo de raciocínio não está completamente separado de seu conteúdo e, portanto, contingenciado ao mundo real.

Já a partir das idades de 11-12 anos, uma nova lógica mais completa começa a se estabelecer, que atingirá o equilíbrio por volta dos 14-15 anos. Neste período, a criança torna-se capaz de raciocinar em termos de hipóteses colocadas verbalmente, prescindindo da manipulação de objetos concretos, e passa a ser capaz de elaborar esquemas conceituais abstratos. Assim, tal pensamento, também chamado de hipotético dedutivo, permite que as consequências de uma hipótese sejam deduzidas a partir de procedimentos mentais lógicos, não presentes nos estágios anteriores. O raciocínio hipotético implica na subordinação do real ao possível: as possibilidades são vinculadas entre si por implicações que vão além do mundo concreto do real (Piaget, 1972).

Por outro lado, estudos apontam para um declínio nos níveis da criatividade a partir dos 10-11 anos de idade (uma análise detalhada destes estudos pode ser encontrada em Cropley, 2005), período de transição entre os estágios operatório concreto e formal.

Definiu-se, assim, que os estudantes participantes deste estudo estivessem na faixa etária entre 11 e 13 anos. Optamos por esta faixa etária levando em conta que o início do estabelecimento do pensamento operatório formal permitiria que os estudantes elaborassem hipóteses a partir de esquemas conceituais abstratos, sendo capazes de construir sistemas ou teorias - aspecto importante para a reflexão sobre os programas que seriam criados. Além disso, dado o decaimento de criatividade apontado na literatura durante este período, consideramos que a intervenção realizada poderia contribuir para o estímulo ao desenvolvimento criativo nesta etapa de suas vidas.

4.2. Fase I: Piloto em contexto extracurricular

Esta fase teve como objetivo fornecer à autora uma compreensão inicial a respeito de atividades introdutórias de programação física a estudantes do ensino fundamental II em um contexto escolar real, bem como a compreensão da visão dos estudantes envolvidos no processo a respeito das ferramentas e abordagens adotadas, a fim de oferecer-lhe subsídios para a elaboração de uma proposta de currículo a ser aplicada na fase 3 deste estudo.

Nesta fase 1, foi elaborado um currículo introdutório de programação e programação física que foi aplicado em aulas extracurriculares oferecidas a nove estudantes de Ensino Fundamental II, com idades de 11 a 15 anos, em uma escola particular de São Paulo. As atividades foram desenvolvidas durante 24 semanas em aulas semanais de 1 hora e 40 minutos, e foram elaboradas e ministradas em conjunto com o professor de matemática de escola, Nathan Rabinovitch, durante o ano de 2015. Optou-se pela aplicação de piloto neste contexto devido à maior liberdade para testes e experimentações oferecida.

Durante esta fase, foi também desenvolvido, testado e aprimorado de forma iterativa, o kit de programação física - BetaKit, a partir de diversos ciclos de prototipagem e observações de seu uso, com *feedbacks* constantes dos estudantes que participaram das aulas.

Ao longo do processo de desenvolvimento das atividades, foram observadas as interações dos estudantes com as ferramentas propostas e feitas anotações a respeito de tais observações ao final de cada aula. Após o término das atividades, foram realizadas entrevistas com seis estudantes (todos os presentes no último dia de aula), buscando compreender seus pontos de vista a respeito das atividades desenvolvidas e dos materiais utilizados.

A partir dos diálogos com os estudantes e da observação de suas interações em sala de aula, as estratégias foram repensadas para a aplicação na Fase 3 deste estudo.

4.2.1 Desenvolvimento das aulas

Dada a necessidade de uma familiarização inicial dos estudantes com a programação e programação física, considerou-se importante oferecer, em um primeiro momento, atividades nas quais os estudantes pudessem se aproximar de conceitos e práticas da linguagem de programação para se sentirem confortáveis para explorar e aprofundar de forma mais livre em um segundo momento.

Foram assim definidos alguns conceitos para serem trabalhados em cada uma das aulas iniciais e temas mais abrangentes e lúdicos para o desenvolvimento de projetos nas

aulas posteriores. As atividades desenvolvidas a cada semana são descritas de forma resumida na **Tabela 2** e detalhadas a seguir.

Ressalta-se que, durante esta fase, ainda não se possuía um conhecimento aprofundado a respeito de referenciais teóricos que pudessem guiar o desenvolvimento das atividades de forma mais exploratória e conectada aos interesses pessoais dos estudantes. Assim, a fase 1, piloto, será descrita de forma mais breve, deixando o aprofundamento das discussões para as fases 2 e 3, que foram significativamente mais importantes no desenvolvimento deste estudo.

Tabela 2. Plano de aulas da fase 1

Semana	Atividade
1-5	Projetos em Scratch a partir de fichas guiadas
6	Jogos em Scratch com tema livre
7	Uso de LEDs e potenciômetros
8-9	Uso de motor servo, sensor de proximidade e LED
10	Exploração dos kits sem computador
11-12	Percurso para bolinha de gude
13-14	Projetos livres
15-17	Desenhos no Scratch utilizando sensores
18	Projetos livres
19-20	Máquina de Rube Goldberg coletiva
21-24	Projetos livres utilizando o KitBeta e papelão

Semanas 1-6: Programação em Scratch

Dada a necessidade de programar os sensores e atuadores que seriam utilizados nas atividades de programação física, a primeira questão a resolver relacionou-se ao desenvolvimento de atividades introdutórias que permitissem aos estudantes a familiarização com conceitos básicos de programação e com a própria ideia de programar. Considerou-se importante oferecer momentos prévios nos quais estes pudessem explorar a programação de forma mais restrita na tela do computador, antes

de partir para a criação de objetos no mundo físico - que envolveriam conceitos e práticas para além de programação pura.

Devido à ausência de materiais de referência que pudessem orientar o desenvolvimento de atividades voltadas à exploração do ambiente Scratch de forma mais livre, optou-se pela utilização de fichas que guiariam a introdução de novos conceitos de forma gradual. Tais fichas foram elaboradas pela autora e continham indicações de blocos a serem utilizados para criar programas com objetivos pré-definidos, e perguntas para que os estudantes refletissem sobre o funcionamento dos programas criados, além de pequenos desafios. A cada aula, os conceitos trabalhados na aula anterior eram retomados, e novos conceitos apresentados.

Por fim, na última aula deste bloco, foi oferecido tempo para que os estudantes trabalhassem em um projeto livre, utilizando os conhecimentos adquiridos para criar um projeto pessoal.

Semanas 7-10: Introdução à programação física

Após as seis aulas iniciais, nas quais os estudantes foram introduzidos à programação na linguagem Scratch, passou-se à utilização do ambiente S4A para integração da programação ao mundo físico, utilizando-se uma versão inicial do BetaKit.

As primeiras aulas de programação física seguiram o mesmo procedimento das aulas de programação, com a utilização de fichas guiadas, criadas pela autora, mas combinando a utilização de sensores e atuadores com interações na tela do Scratch.

As atividades propostas envolviam, por exemplo, controlar um personagem na tela do computador a partir da utilização de sensores, ou criar jogos que tinham como saída alguma interação no mundo físico, sempre a partir de desafios previamente propostos nas fichas. Optou-se por esta abordagem pois foi assumido que inicialmente os estudantes deveriam familiarizar-se com os conceitos de programação física de forma mais orientada e intencional para, posteriormente, explorarem de maneira mais livre os recursos, integrando-os à construção de objetos físicos.

Na **Figura 12**, apresenta-se o ambiente de sala de aula, com os grupos trabalhando na integração da programação do mundo físico à tela do computador.

Figura 12. Estudantes utilizando as fichas em seus projetos.
Fonte: Autoria própria

Semanas 11-20: Aprofundamento na programação física com projetos

Após o contato inicial com o BetaKit e com o ambiente S4A, foram propostas três atividades de maior duração e menos guiadas que utilizaram sensores e atuadores (aulas 11-12, 15-17 e 19-20), intercaladas com momentos para o desenvolvimento de projetos livres (aulas 13-15, 18 e 21-24). As aulas de projetos livres visavam oferecer uma maior liberdade para que os estudantes trabalhassem em criações pessoalmente significativas, de autoria própria. As aulas com temas definidos tinham a intenção de oferecer elementos para que os estudantes pudessem melhor compreender o funcionamento dos componentes integrados à programação, mas de forma menos guiada em relação às aulas iniciais.

Na primeira atividade de construção, os estudantes criaram um caminho a ser percorrido por uma bolinha de gude, utilizando sensores e atuadores anexados a uma placa perfurada (**Figura 13**).

Figura 13. Protótipo inicial do kit desenvolvido sendo utilizado em um percurso criado por estudantes.
Fonte: Autoria própria

Esta atividade foi retomada posteriormente com o uso de novos materiais, bem como de nova versão do Betakit, nas aulas 19-20, proposta sob a denominação de Máquina de Rube Goldberg coletiva. A ideia era que a engenhoca realizasse uma atividade simples por meio de procedimentos desnecessariamente complexos, envolvendo reações em cadeia que disparavam um dispositivo após passar por diversas etapas. As placas de eucatex perfuradas serviram de suporte para a construção de um percurso que levava uma bolinha de gude de um ponto da placa a outro, passando por interações com sensores e atuadores. Por exemplo: se um laser atingisse um receptor de luz, o motor seria acionado, liberando uma bolinha que, ao chegar ao fim deste percurso, seria identificada por um sensor de presença - que por sua vez poderia acionar um alarme. A máquina completa foi construída coletivamente, com o ponto final de cada máquina integrando-se ao ponto inicial da seguinte, por meio de botões e motores.

Em outra atividade proposta, os estudantes utilizaram sensores para fazer desenhos na tela do computador, combinando potenciômetros, botões, sensores de luminosidade e de proximidade com os programas no S4A que utilizavam blocos da categoria “caneta”.

Semanas 21-24: Projeto final livre

As últimas aulas foram dedicadas à construção de projetos com tema livre. Além dos componentes do BetaKit, utilizou-se papelão e outros materiais trazidos de casa pelos estudantes. Durante estas aulas, foram criados projetos como uma rampa para carrinho com cancela que se abria automaticamente e uma maquete de cidade que acendia as luzes quando escurecia.

4.2.2 Reflexões e implicações para o refinamento

Ao observar as atitudes e comentários dos estudantes durante as aulas, percebeu-se que estes muitas vezes mostravam-se desmotivados com as repetições dos exercícios iniciais e observou-se pouca autoria na busca de novas soluções durante os momentos mais livres, bem como exploração rasa das possibilidades dos materiais de programação e construção.

Nas conversas da autora com os estudantes ao final das aulas, buscou-se compreender quais tipos de atividades despertaram maior e menor interesse. Notou-se que os estudantes sentiram-se especialmente envolvidos e engajados nos projetos que envolviam a programação física de forma mais aberta, e em especial na atividade de Rube Goldberg coletiva. Por outro lado, os estudantes consideraram as aulas iniciais de Scratch repetitivas e monótonas e demonstraram muito mais interesse na integração dos sensores e atuadores à construção de projetos do que na programação restrita à tela do computador.

A repetição contínua de atividades que visavam uma familiarização e apropriação de conceitos de lógica de programação pode ser uma possível explicação para o desinteresse percebido. Os trechos a seguir exemplificam a sensação:

"Teve uma hora, depois de um tempo no começo que a gente fez o Scratch, começou a ficar um pouco repetitivo, porque aí a gente só fazia o Scratch por um tempo. Por mais que eu gostasse eu ficava: "não tem mais nada?"

"A parte do gato. Meu deus... A gente precisava memorizar, então toda vez a gente fazia o mesmo santo exercício. Essa parte de repetição eu achei um pouco chata, mas eu achei até necessária depois."

Em relação à comparação entre o uso do Scratch, Scratch for Arduino (S4A) e criação de projetos, os alunos mencionaram que preferiram usar o S4A juntamente com a construção dos projetos ao invés do Scratch unicamente, como exemplificado por esta fala:

“Acho que talvez o mais legal seja o S4A junto com criar o projeto, porque é super legal a gente fazer coisa no computador e passar para fora.”

A expectativa de que seria positivo apresentar atividades mais fechadas no início para depois abrir maiores possibilidades não foi confirmada. Uma possível explicação para este fato diz respeito às fichas que foram utilizadas nas aulas iniciais, elaboradas a partir de instruções e desafios muito restritos e com pouca conexão a interesses pessoais, bem como pouca abertura à expressão criativa.

Identificou-se ainda a necessidade de recursos de aprendizagem mais adequados à exploração, que permitam que os estudantes possam desenvolver conhecimentos a partir de interesses pessoais e em seus próprios ritmos. Esta necessidade é evidenciada ao pesquisar apostilas de Scratch utilizadas em grande parte dos cursos de programação para crianças que vem sendo oferecidos no contexto nacional.

A reflexão sobre estes resultados, considerados não satisfatórios, e os aprendizados advindos desta fase, levaram a reformulações das estratégias pedagógicas para a Fase 3.

Uma vez que a proposta da fase compreenderia a elaboração de um currículo de apenas 12 aulas, optou-se pela dedicação de um tempo menor ao trabalho com o Scratch para privilegiar a interação com a programação física (na qual os estudantes continuam desenvolvendo conhecimentos sobre a lógica de programação, mas de forma aplicada à criação de projetos mais concretos). Nas atividades de “programação pura” com o Scratch, foi valorizada a criação de projetos mais lúdicos, menos guiados, e que utilizassem conceitos que seriam importantes para o trabalho posterior com a programação física (como condicionais, comparativos de valor e o bloco *espere*), permitindo que mais tempo fosse oferecido para o trabalho na construção de projetos.

Optou-se, desta forma, por alterar para uma dedicação de 4 semanas para introdução à programação com Scratch por meio da criação de jogos, 2 semanas para a

exploração do kit e familiarização com a programação de seus elementos, e 6 semanas para o desenvolvimento de projetos a partir de uma abordagem mais exploratória.

Percebeu-se que os materiais utilizados para construção também foram desnecessariamente limitados, e na fase seguinte, passou-se a utilizar também materiais para a decoração dos projetos como tecidos, fitas de cetim e papeis coloridos. Além disso, foram inseridas atividades que visavam oferecer uma maior diversidade, com temas mais abertos que permitissem relações com interesses pessoais.

4.3. Fase 2. Etapa intermediária: percepção de gestores educacionais e professores da rede pública

Nesta fase, buscou-se compreender a visão de gestores educacionais da rede pública municipal responsáveis por estudos para a implementação de atividades de programação e robótica nas escolas municipais e de professores orientadores de informática educativa (POIEs) a respeito do tema. Apesar de ter sido proposta a utilização do termo programação física neste estudo, será utilizado aqui o termo robótica, adotado durante estas conversas por ser mais familiar aos gestores e professores participantes.

Os materiais e atividades iniciais desenvolvidos foram apresentados aos gestores e foi realizada uma conversa em forma de grupo focal, com quatro participantes gestores da área de tecnologia educacional da Secretaria de Educação da rede pública. Um protocolo semiestruturado foi elaborado, buscando compreender suas percepções a respeito de potencialidades e desafios do trabalho com programação física na rede, suas visões sobre os kits previamente analisados por eles na secretaria, bem como características importantes para a adequação de tais kits às escolas da rede municipal. Além disso, uma versão inicial do BetaKit foi apresentada à equipe de forma a compreender suas percepções gerais a respeito da ferramenta. A conversa foi gravada e transcrita visando a identificação de temas importantes levantados pelos participantes.

Em relação às dificuldades para o trabalho com robótica na rede pública, os gestores citaram três aspectos centrais: (a) o custo, (b) o medo dos professores de utilizar novas ferramentas em sala de aula, e (c) o significado de tais ferramentas para o professor, já que envolvem uma mudança de cultura. Entretanto, ainda que estes três

aspectos tenham sido apontados, o custo foi considerado como o principal fator de dificuldade para a implementação em larga escala.

No que concerne às suas percepções sobre características de kits de robótica, os principais pontos comentados foram: (a) a maioria dos kits segue a mesma lógica de um livro didático, de um sistema apostilado, com projetos baseados em modelos para serem copiados pelos estudantes; (b) a não adequação das peças a todas as faixas etárias; e (c) dificuldade das linguagens de programação utilizadas pela maioria dos kits.

Em comunicação pública, Gavassa e Munhoz (Gavassa & Munhoz, 2016) apontam quatro aspectos relevantes para a decisão da compra de kits de robótica realizada pela Secretaria Municipal de Educação de São Paulo (SME-SP) em 2015:

- (a) placa e software abertos, não licenciados (SIC);
- (b) kits que permitam a construção de diversos modelos (e não apenas um único), com sistema não apostilado;
- (c) kits que se adequem bem a diversas faixas etárias;
- (d) preferência por propostas nacionais.

Em novembro de 2015, foram oferecidas oficinas utilizando o Betakit a quatro turmas de professores da rede municipal de São Paulo, com aproximadamente 40 professores por turma. Os professores eram em sua maioria POIEs sem experiência prévia de trabalho com robótica ou programação física em suas escolas.

Antes da realização da oficina, foram aplicados aos participantes questionários de preenchimento opcional e anônimo, com questões abertas a respeito dos desafios para se trabalhar a robótica nas escolas e sobre as maiores potencialidades imaginadas pelos professores. As respostas foram transcritas e após a leitura e releitura, categorizadas de acordo com os temas apontados. As respostas foram então agrupadas em três grandes categorias, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Desafios relatados pelos professores da rede municipal quanto à implantação de robótica nas escolas

Desafios	Frequência
Questões referentes à estrutura escolar e formação	
Obtenção de material / falta de recursos	58
Formação dos professores	21
Falta de conhecimento / conhecimento de programação	15
Tempo	8
Estrutura física da escola	8
Número de alunos elevado por sala	6
Equipe de professores / Apoio e parcerias nas escolas	5
Adequação à grade	1
Questões referentes aos estudantes	
Fazer com a atividades seja atrativa e significativa para os alunos	5
Comprometimento dos alunos	1
Concentração dos alunos	1
Compromisso dos alunos com a organização do material	1
Questões referentes aos professores	
Introdução de uma nova concepção de aprendizagem	2
Insegurança dos professores	1
Interesse docente	1
Tecnofobia dos professores	1

Observa-se que as expectativas de desafios mais frequentes relacionam-se à obtenção de materiais e falta de recursos, presentes tanto em afirmações sobre a ausência destes nas escolas (*“o primeiro desafio seria os recursos materiais, entendendo que trabalhar o tema exige investimento em material próprio”*) quanto sobre o valor dos kits (*“o preço dos kits, já pesquisei e acho inviável para as verbas da escola”*). Estas afirmações referentes aos custos de aquisição são similares às questões apontadas pela equipe gestora em conversa prévia, o que sugere a necessidade de kits acessíveis, mas com as qualidades apontadas anteriormente.

São também importantes as questões referentes à formação de docentes e à sua ausência de conhecimento, o que indica a necessidade de formação adequada para o trabalho com um tema distante de suas realidades.

Durante a oficina foram apresentados conceitos e exemplos de programação física seguidos de uma parte prática com a utilização do BetaKit. Na sequência, aplicou-se um questionário aos participantes visando compreender o impacto da oficina em suas visões a respeito da aplicação da robótica em sala de aula. Abaixo são apresentados alguns comentários de professores:

“Quando pensamos no trabalho com robótica vem à mente a aquisição de kits caros e utilização de programas complicados. A oficina desmistificou um pouco tudo isso.”

“Mostrou como é possível desenvolver um trabalho produtivo com o uso de materiais relativamente simples.”

Diversos comentários similares foram expressos nos questionários, o que indica abertura dos professores para o trabalho com tais ferramentas, desde que haja materiais, formação e tempo adequados para a implantação em sala de aula.

4.3.1 Reflexões sobre os resultados da etapa

A partir das conversas com gestores e da análise dos questionários aplicados aos professores, observou-se que o custo dos kits de robótica atualmente disponíveis no mercado são um importante fator que dificulta a entrada destes materiais nas escolas. Conforme apontado por gestores e professores, é importante que sejam desenvolvidos no contexto brasileiro materiais mais acessíveis para o trabalho em escolas, que utilizem *softwares* livres, que se adequem bem a diversas faixas etárias e que sejam flexíveis, permitindo construções diversificadas para que haja o engajamento dos estudantes em projetos significativos.

Além disso, um importante fator para os gestores parece ser a criação de materiais que possam auxiliar o professor no desenvolvimento de suas aulas, fornecendo uma instrução inicial a respeito da utilização do kit, bem como exemplos de atividades que poderiam ser propostas em sala de aula.

Observou-se entusiasmo dos professores quanto ao trabalho com a programação física, sendo importante, no entanto, considerar uma formação docente adequada para o trabalho nas escolas, que permita a apropriação do conhecimento por parte dos docentes, trazendo-lhes segurança para a utilização de uma ferramenta nova em seu cotidiano.

Por fim, parece haver por parte dos professores a percepção de que há um grande interesse dos estudantes no tema robótica, tanto por tratar-se de uma novidade diferente das disciplinas tradicionais de seu cotidiano, quanto por permitir a construção de projetos lúdicos e concretos. Assim, é importante que o trabalho com tais ferramentas

seja estruturado de forma a aproveitar esta energia para a criação de projetos relevantes e que permitam o desenvolvimento de habilidades que possam ser transpostas a outros contextos, a partir de objetivos pedagógicos bem definidos. Desta forma, passando o momento de novidade da introdução de tais ferramentas no contexto escolar, o trabalho com elas permanecerá significativo para professores e alunos.

4.4. Fase 3. Aplicação e avaliação do currículo exploratório

As atividades que ocorreram durante esta fase foram desenvolvidas ao longo de doze semanas, no ano de 2016, com três turmas de estudantes de sétimo ano, sendo duas de escola pública e uma de escola particular.

Antes do início desta fase, foi solicitada autorização à Secretaria Municipal de Educação da Cidade de São Paulo, que nos colocou em contato com Diretoria Regional de Ensino (DRE) do Butantã. A DRE indicou-nos para conversa com a diretoria de uma escola municipal de ensino fundamental localizada no extremo oeste de São Paulo. Foi então realizada uma reunião com a diretoria da unidade, bem como com a orientação pedagógica e com os professores de informática e de matemática, que estariam diretamente envolvidos nas atividades. Nesta reunião, foram esclarecidos os objetivos da pesquisa e fornecidas informações a respeito do currículo proposto, como a duração das atividades, a faixa etária desejável dos estudantes e os procedimentos de coleta de dados, bem como apresentado o kit que seria utilizado.

A direção, orientação e professores mostraram-se muito entusiasmados com a proposta, já que há algum tempo tinham o interesse em incluir a robótica nas aulas de informática educativa, sem, no entanto, dispor de materiais para tal. Ao final da fase 3, os resultados foram apresentados e discutidos com toda a equipe de orientação, direção e docentes da unidade (professores de ensino fundamental I e II). Na escola particular, um procedimento semelhante foi adotado.

4.4.1 Participantes

Participaram desta etapa do estudo 72 estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, dos quais 18 eram de escola particular e 55 de escola pública pertencente à rede municipal de São Paulo.

O perfil da escola pública participante na pesquisa enquadra-se no perfil médio das escolas municipais da cidade de São Paulo, de acordo com as notas do IDEB⁵ (**Figura 14**).

Figura 14. Histograma de notas do IDEB para as escolas da rede municipal e a posição da escola pública participante da pesquisa em destaque (vermelho) no ano de 2013.
Fonte: INEP (2013)

Na escola pública, as atividades ocorreram no laboratório de informática (Figuras 15), em duas aulas sequenciais (“dobradinha”), com duração total de 1h30min. Durante as atividades de programação, os estudantes trabalharam em duplas, e na etapa de programação física, dividiram-se em grupos de 2 a 4 estudantes. Cerca de 25 a 27 alunos por turma participaram das atividades, orientados por uma professora-pesquisadora e pelo POIE da escola. Além disso, a professora de matemática da escola e uma pesquisadora acompanharam as atividades, envolvendo-se apenas em atividades de suporte.

⁵ Dados não disponíveis para o IDEB de 2015

Figuras 15a e 15b. Estudantes trabalhando no laboratório de informática.
Fonte: Autoria própria.

Na escola particular, localizada no município de Cotia, os alunos frequentavam a escola em período integral, com disciplinas curriculares além das tradicionais, como mandarim e iniciação científica, oferecidas a todos os anos do Ensino Fundamental I e II. No último ranking do ENEM (2016, ano base 2015), a escola ficou em 81^a colocação no cenário nacional, e em 26^a considerando-se o Estado de São Paulo. O nível socioeconômico dos estudantes do colégio, de acordo com este ranking, é considerado

muito alto. Portanto, tal escola possui uma elevada qualidade de ensino em relação à média nacional, com altos investimentos no corpo docente e em sua estrutura física, e baixa proporção de alunos por turma (até 20, em geral).

As aulas ocorreram em sala de aula, utilizando-se computadores portáteis. Dada a limitação no número de máquinas disponíveis, os estudantes dividiram-se em trios, tanto nas atividades de programação como de computação física. Cada turma era composta de 9 alunos, com uma professora responsável – a autora da pesquisa.

4.4.2 Instrumentos e procedimentos de coleta de dados

Ao longo da aplicação do currículo, foi realizada a observação das interações dos estudantes durante as aulas, e, ao contrário da fase 1, na qual entrevistas foram realizadas apenas após o término das atividades, optou-se nesta fase por conversar com todos os estudantes a cada três semanas. As conversas ocorriam em grupos de 4 a 5 estudantes, e eram gravadas e depois transcritas para análise. As entrevistas buscaram compreender suas impressões a respeito das atividades desenvolvidas, dificuldades encontradas e sugestões de melhoria do currículo e das estratégias pedagógicas adotadas, utilizando-se para isso um protocolo semiestruturado. A análise dos pontos levantados pelos estudantes auxiliou no refinamento das estratégias adotadas em sala de aula, que serão descritas mais adiante.

Na escola particular, além da realização de conversas com os estudantes, foram também aplicados questionários abertos ao final de cada ciclo de atividades. Optou-se por não utilizar este instrumento na escola pública dado que, durante a aplicação dos questionários do pré-teste, observamos que muitos estudantes apresentavam grande dificuldade em leitura e escrita. Portanto, consideramos que as conversas seriam uma estratégia mais efetiva para compreender suas visões.

Foram também realizadas entrevistas com os dois professores da EMEF que acompanharam as atividades (um POIE e a professora de matemática) após o término das aulas, que foram gravadas, transcritas, e são apresentadas ao final deste capítulo. A

interação com os professores durante o desenvolvimento das aulas e reflexões realizadas conjuntamente também auxiliaram a repensar as estratégias adotadas.

Além disso, para avaliar os impactos do currículo proposto na criatividade e auto percepção criativa dos estudantes, seguiu-se a recomendação de utilização de métodos distintos para compreensão mais aprofundada do constructo criatividade (e.g. Fishkin, 1999; Meador, Hunsaker, & Kearney, 1999; Wechsler, 1998). Foram utilizados três instrumentos de coleta de dados visando obter maior consistência entre as diferentes fontes:

- (a) Teste de Torrance do Pensamento Criativo – Forma Figural (Wechsler, 2004),
- (b) Escala de Clima para a Criatividade em Sala de Aula (Fleith et al., 2011), e
- (c) entrevistas semiestruturadas com os estudantes após o término das atividades.

O procedimento de coleta de dados e uma caracterização detalhada dos instrumentos são apresentados a seguir.

Aplicação dos instrumentos quantitativos

O Teste de Torrance e o questionário referente à Escala para Avaliação do Clima para Criatividade em Sala de Aula foram aplicados em dois momentos: antes e após o término das atividades do currículo proposto, utilizando-se também um grupo controle, com características similares ao grupo experimental, mas que assistiu a aulas regulares durante o período das atividades.

O pré-teste foi aplicado na mesma data aos participantes do grupo com as atividades e ao grupo controle, antes do início das atividades. Após o término da aplicação do currículo proposto, os testes foram aplicados novamente a ambos os grupos, para fins de comparação estatística entre as amostras.

Ressalta-se que, para oferecer oportunidades de aprendizado aos participantes de ambos os grupos, a versão reformulada do currículo proposto foi oferecida aos participantes do grupo controle na Fase 4 deste estudo.

Os detalhes referentes à ordem de aplicação dos instrumentos a ambos os grupos estão consolidados na Tabela 4.

Tabela 4. Cronograma de aplicação dos testes e questionários por semana

Grupo	Fase 3 (1º semestre de 2016)				
	S1	S2	S2-S13	S14	S15
Grupo A Experimental	Pré-Teste TTPC	Pré-Teste Questionário	Aplicação do currículo	Pós-Teste Questionário	Pós Teste TTPC
Grupo B Controle	Pré-Teste TTPC	Pré-Teste Questionário	Aulas regulares	Pós-Teste Questionário	Pós Teste TTPC

Teste de Torrance do Pensamento Criativo (TTPC) - Forma Figural

O TTPC é o instrumento mais utilizado para avaliação do potencial criativo. Para a aplicação em crianças, é recomendada a forma figural (Cramond, 1999), na qual os indivíduos desenham em um caderno de respostas completando traços para formar figuras. Utilizou-se nesta pesquisa a Forma Figural A, desenvolvida por Weschler (2004) e validada para o contexto brasileiro.

A aplicação dos testes teve duração aproximada de 45 minutos e foi realizada pela Profa. Dra. Helena Rinaldi Rosa, psicóloga e docente do LITEP (Laboratório Interdepartamental de Técnicas de Exame Psicológico do Departamento de Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento e da Personalidade), do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (IPUSP), colaboradora neste estudo. A correção foi realizada pela mesma pesquisadora.

De posse dos resultados de cada participante, procedeu-se à análise estatística dos escores do Índice Criativo Figural 1, que contempla as categorias propostas por Guilford de fluência, flexibilidade, elaboração e originalidade. O impacto do currículo proposto nos escores do Índice Criativo Figural 1 foi avaliado a partir da comparação do pré-teste e pós-teste para os grupos controle e tratamento, utilizando-se o Teste T de Student realizado com o auxílio do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula

A Escala sobre Clima para a Criatividade em Sala de Aula foi validada a partir de uma amostra de 644 estudantes de escolas públicas e particulares, em turmas de terceira

e quarta séries do ensino fundamental (Fleith et al., 2005). Posteriormente, a partir dos resultados da análise fatorial confirmatória realizada em novo estudo para validação do instrumento com 504 alunos do 5º ano, foram sugeridas modificações à escala anterior (Fleith et al., 2011). Esta última versão foi a utilizada nesta pesquisa.

Dada a importância de se considerar outros fatores além dos cognitivos no desenvolvimento da criatividade, optou-se pela utilização deste instrumento, que visa avaliar “comportamentos do professor favoráveis à expressão criativa discente, bem como características do aluno associadas à criatividade” (Fleith et al., 2005, p. 89).

O instrumento é composto de 21 itens de múltipla escolha em escala Likert de 5 pontos e avalia três dimensões baseadas no modelo teórico sistêmico de Csikszentmihalyi: (1) estímulo do professor à criatividade, (2) autopercepção do aluno sobre características criativas, e (3) motivação do aluno para a aprendizagem.

A seguir, são apresentados exemplos de questões para cada uma das dimensões avaliadas:

Fator 1: Estímulo do professor à criatividade:

Minhas ideias são bem-vindas; Eu sou estimulado a pensar em novas ideias

Fator 2: Autopercepção do aluno sobre características criativas:

Eu uso minha imaginação; Eu tenho muitas ideias

Fator 3: Motivação do aluno para a aprendizagem:

Eu gosto da matéria ensinada; Eu aprendo coisas que realmente me interessam

Uma vez que o objetivo do uso deste instrumento foi o de avaliar a percepção dos alunos a respeito de fatores intrapessoais, na etapa de pré-teste o instrumento foi aplicado contemplando os itens apenas dos fatores 2 e 3 – excluindo-se, portanto, o fator 1 (estímulo do professor à criatividade), que não poderia ser comparado entre pré e pós teste).

A avaliação do impacto nos fatores *auto-percepção do aluno sobre características criativas e motivação para a aprendizagem* foi realizada por meio da comparação

estatística dos resultados do pré e pós-teste para os grupos controle e experimental, a partir do Teste T de Student realizado, utilizando-se o *software* SPSS.

Entrevistas

No último dia de aula, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 14 participantes selecionados aleatoriamente na escola pública. Um protocolo de entrevista foi concebido de forma a captar pontos de vista e opiniões dos estudantes sobre suas percepções a respeito do que aprenderam durante as aulas, e em que medida estas foram importantes para eles. As seguintes perguntas foram utilizadas para orientar as entrevistas:

- O que você aprendeu durante essas 12 aulas?
- Essas aulas foram importantes para você? Se sim, por quê? Se não, por quê?
- Essas aulas mudaram a maneira como você se vê? Se sim, como? Se não, por quê?
- Essas aulas mudaram a maneira como você vê o mundo ao seu redor? Se sim, como? Se não, por quê?

As entrevistas foram realizadas individualmente por uma facilitadora-pesquisadora e gravadas. Perguntas adicionais foram feitas de forma a obter mais detalhes quando as respostas dos entrevistados eram muito breves ou indefinidas.

A análise das entrevistas foi realizada a partir da análise temática (Braun & Clarke, 2006). Inicialmente, a fim de nos familiarizarmos com os dados, as entrevistas foram transcritas, lidas e relidas, e anotamos as ideias iniciais que surgiram. Em seguida, passamos à etapa que envolveu gerar códigos iniciais, na qual identificamos e codificamos aspectos relevantes para todo o conjunto de dados. Na sequência, relemos o conjunto inicial de códigos, associando a eles temas potenciais, e agrupamos os dados relevantes para cada tema potencial. Revisamos os temas iniciais, reavaliando sua relação com os códigos gerados e com o conjunto de dados como um todo. Então, passamos ao refinamento dos nomes de cada tema a partir dos códigos que o compunham, gerando definições claras e nomes para cada um dos temas. Por fim, agrupamos os temas em duas

grandes categorias a partir das similaridades dos aspectos presentes em cada um dos temas.

Ressalta-se que a categorização das respostas foi realizada por apenas uma pesquisadora, o que pode tornar os resultados pouco robustos do ponto de vista metodológico. Em estudos futuros temos a intenção de melhorar este aspecto, solicitando a outros pesquisadores que realizem uma codificação paralela das entrevistas.

4.4.3 Desenvolvimento das aulas

A partir das reflexões sobre as aulas que ocorreram na fase 1 deste estudo, buscaram-se novos referenciais teóricos que pudessem nos auxiliar a estruturar atividades mais significativas e que permitissem maior engajamento com os materiais e ferramentas disponíveis, com menor foco em guias estruturados e maior espaço para a expressão criativa.

Uma vez que as atividades ocorreriam em aulas curriculares, oferecidas a todos os estudantes das turmas, seria também importante estruturar estratégias de forma a envolver um maior número de estudantes, com interesses distintos, no processo de aprendizagem. Os referenciais oferecidos por Rusk e colaboradores (2008) guiaram o desenvolvimento inicial deste currículo, sendo especialmente importantes os aspectos referentes ao oferecimento de temas ao invés de desafios e ao incentivo à combinação de arte e engenharia para a criação de projetos, oferecendo materiais mais diversos para construção.

A importância de se promover um maior engajamento de alunos com interesses e estilos de aprendizagem diversos em atividades de robótica proposta por Rusk e colaboradores (2008) foi um ponto considerado na elaboração desta proposta, que buscou integrar da melhor forma possível as atividades aos interesses de estudantes com diferentes perfis (já que aulas que fizeram parte da grade regular, e portanto todos os estudantes das turmas envolvidas participaram). Assim, buscando incentivar a participação dos estudantes nas atividades propostas, pautamo-nos nas seguintes estratégias: privilegiar temas ao invés de desafios, combinar arte e engenharia e

organizar exposições em vez de competições. Conforme aponta Blikstein (2014), referindo-se ao campo da programação, permitir que os estudantes desenvolvam ideias a partir de diferentes pontos de partida e de diversas maneiras pode ajudar a promover a diversidade nesta área.

No campo da psicologia, diversos autores sugerem estratégias que podem ser implementadas em sala de aula para favorecer o desenvolvimento do potencial criativo dos estudantes. Os aspectos que pautaram a elaboração das atividades propostas neste estudo, incluem:

- (a) Encorajar os alunos a correrem riscos e a aceitarem o erro como parte do processo de aprendizagem (Sternberg, 2000);
- (b) Incentivar a cooperação ao invés da competição (Amabile, 1989);
- (c) Oferecer materiais diversificados para o desenvolvimento de projetos (Amabile; 1989);
- (d) Auxiliar os estudantes a se conscientizarem de seus talentos, fortalecendo sua autoestima (Fleith et al., 2005);
- (e) Oferecer oportunidade para conexão com interesses pessoais, sendo os desafios motivados pela realização do trabalho em si, e não por pressões externas (Amabile, 1996; Amabile & Fisher, 2009)
- (f) Encorajar os alunos a elaborarem produtos originais (Fleith et al., 2005); e
- (g) Auxiliar os estudantes a identificarem assuntos dos quais realmente gostem (Csikszentmihalyi, 2012).

Além de tais estratégias, alguns princípios norteadores para a elaboração das atividades, escolha dos materiais, estratégias de facilitação e adequação do ambiente foram baseados nos referenciais sugeridos por Petrich e colaboradores (2013) e Resnick e Rosenbaum (2013) que propõem princípios para o desenvolvimento de atividades exploratórias (*tinkering*), resumidos a seguir.

Atividades

Estruturar atividades de forma a permitir o desenvolvimento de ideias por caminhos diversos pode incentivar os estudantes a prosseguirem de acordo com seus interesses, questões e conhecimentos anteriores, gerando maior engajamento. Assim, é importante que seja oferecido um ponto de partida simples e atrativo, garantindo algum sucesso inicial, mas que permita que os projetos e raciocínios possam se complexificar à medida que a compreensão de princípios e conceitos evolui. Desta forma, tal compreensão ocorrerá de forma conectada a interesses específicos em atingir determinados objetivos.

Materiais

Utilizar materiais familiares de formas inesperadas pode incentivar os estudantes a refletirem sobre as possibilidades de uso de materiais cotidianos em novos contextos, levando a olhares criativos para os recursos ao nosso redor. Além disso, para que seja possível mudar de caminho ao longo do processo de desenvolvimento e teste de ideias, é importante que os materiais permitam curtos intervalos de tempo entre realizar uma alteração no projeto e observar o seu efeito, de modo que diversos experimentos rápidos possam ser realizados para se atingir cada objetivo.

Considerando aspectos de programação física, é importante que os kits permitam o desenvolvimento de explorações abertas, e que sejam fáceis de conectar, possibilitando um início de uso fácil, bem como um retorno rápido sobre o resultado de experimentações. Quanto mais rápido o processo iterativo for, mais ideias podem ser geradas, testadas e refinadas.

Estratégias de facilitação

Para que o retorno sobre o funcionamento dos modelos criados venha das construções, e não dos educadores, é importante atentar-se para incentivar as ideias dos estudantes sem forçar a aquisição de um conjunto particular de conhecimentos ou procedimentos. Assim, em vez de fornecer respostas, colocar questões e desafios a partir

do caminho que estão trilhando pode levá-los a desenvolver e elaborar melhor suas ideias.

Ambiente

Quanto ao ambiente, exemplos de projetos elaborados anteriormente podem ser apresentados para servir de inspiração e fornecer ideias iniciais aos estudantes. Além disso, é importante que os materiais estejam visíveis e acessíveis, estimulando a autonomia e a iniciativa dos estudantes. Embora os autores sugiram tais estratégias para o contexto de museus, foi possível adaptá-las para a sala de aula: ao invés de fornecer um conjunto de materiais por grupo, estes foram dispostos em uma mesa à qual todos os estudantes tinham acesso.

O conceito de micromundo desenvolvido por Papert (1993), foi um importante referencial para o desenvolvimento da sequência de atividades propostas nesta fase. Ao invés de oferecer fichas que guiavam a introdução de novos conceitos de forma descontextualizada e unidirecional, as atividades desenhadas incentivavam explorações que levavam à familiarização com determinados conceitos e práticas de programação e programação física. Assim, os estudantes poderiam encontrar por si sós o conhecimento necessário para atingir seus objetivos, em um ambiente seguro e com materiais convidativos.

Por fim, deu-se maior ênfase nesta fase ao aspecto da colaboração e compartilhamento de projetos, buscando motivar os estudantes a se inspirarem com os projetos dos demais e a se envolverem de formas mais profundas na criação de projetos que seriam compartilhados. Assim, as aulas eram divididas em três momentos:

- a) conversa coletiva: momento inicial no qual eram apresentados os objetivos da aula e exemplos de projetos que poderiam inspirar o desenvolvimento de projetos no tema proposto;
- b) criação: momento de construção física e criação de programas;
- c) compartilhamento: no qual os estudantes compartilhavam com os demais as ideias por trás dos projetos nos quais trabalharam.

Em relação às estratégias de facilitação, quando uma questão surgia, fazia-se um esforço para nunca fornecer prontamente uma resposta à pergunta colocada, devolvendo aos estudantes a dúvida em forma de questões menores. Quando a questão se referia a um problema no programa criado, era solicitado ao estudante que explicasse exatamente o que o programa deveria fazer e que, em seguida, lesse em voz alta os comandos na tela, avaliando se a programação criada fazia sentido.

As atividades que ocorreram nesta fase da pesquisa são apresentadas na **Tabela 5** e descritas em detalhes abaixo. A intenção no desenvolvimento do currículo foi introduzir gradualmente conceitos de programação e em seguida de programação física ao longo das doze semanas.

Tabela 5. Plano de aulas da fase 3

Semana	Atividade
1	Discussão sobre programação, apresentação e exploração livre do Scratch
2	Atividade de programação coletiva com blocos físicos. Uso do Scratch para criar interações entre personagens.
3	Criação de um jogo de labirinto
4	Fichas de exploração de blocos. Tempo livre para seguir trabalhando no jogo de labirinto ou em um novo projeto.
5	Exploração dos kits sem computador
6	Demonstração sobre como programar o kit. Criação de dispositivos ou máquinas que vemos ao nosso redor.
7-12	Projetos com programação física

Semanas 1-4: Introdução à programação em Scratch

As primeiras quatro aulas tiveram como foco o desenvolvimento da compreensão da lógica de programação e familiarização com o ambiente Scratch.

A primeira aula foi iniciada com uma discussão coletiva a respeito da ubiquidade da programação em nosso cotidiano, seguida de uma breve demonstração com exemplos de projetos desenvolvidos disponíveis na plataforma *online*, buscando inspirá-los a

vislumbrarem as muitas possibilidades da ferramenta com a qual iriam trabalhar. Na sequência, foi demonstrado rapidamente como criar programas simples no Scratch, exemplificando como encaixar os blocos e inserir novos personagens. Por fim, os estudantes foram convidados a explorar livremente o Scratch por cerca de 30 minutos.

No entanto, observou-se pouca compreensão da lógica de funcionamento do Scratch por grande parte dos estudantes durante esta exploração: foi difícil para eles descobrirem como conectar os blocos e entenderem a ideia do que constitui um programa. Notou-se que muitos experimentavam algumas possibilidades sem qualquer compreensão da lógica subjacente ao programa, e que o nível de aprofundamento atingido em cada dupla foi bastante distinto.

Na impossibilidade de dar atenção mais direcionada a todas as duplas, na segunda aula, procedeu-se a uma atividade de programação coletiva em sala de aula - da qual todos os estudantes participaram simultaneamente. Nesta atividade, blocos de papel pré-definidos (cortados como os blocos Scratch) foram colados à lousa, e os estudantes deveriam criar um programa utilizando tais blocos de forma que a programação criada levasse um estudante de um canto da sala à porta. O objetivo da atividade foi deixar claro o mecanismo de encaixe dos blocos e a necessidade de fornecimento de instruções exatas na programação para que aquilo que imaginamos seja executado.

Notou-se grande envolvimento da turma nesta dinâmica, que se manteve atenta e participativa durante sua execução. Consideramos que a atividade foi importante para esclarecer as ideias gerais sobre programação apontadas - o que foi relatado também pelos estudantes em nossas conversas.

Em seguida, os estudantes voltaram a utilizar o programa Scratch, fazendo uso de fichas que orientaram a criação de projetos de interação entre personagens e a criação de um jogo de labirinto (**Figura 16**). Nestas aulas, o objetivo foi a compreensão de conceitos de repetição e condicionais que seriam importantes na etapa de programação física. As fichas continham indicações de blocos que poderiam ser utilizados para realizar determinadas ações e pequenos passos para direcionar os alunos em seus caminhos iniciais de aprendizagem. No entanto, diferentemente dos guias utilizados na fase 1, tais fichas ofereciam bastante espaço para a personalização dos projetos e complexificação da programação por parte das duplas.

Além disso, dada a dificuldade de leitura de alguns dos estudantes da escola pública, as fichas foram elaboradas de forma a conter pouco texto, reduzidos a alguns itens, com priorização de imagens. Ainda assim, em algumas das aulas os alunos comentavam que “tinham preguiça” de ler o conteúdo das fichas, e muitas vezes faziam perguntas cujas respostas já se encontravam nestas.

Figura 16. Estudante criando seu jogo de labirinto.
Fonte: Autoria própria.

Considerando a intenção de oferecer oportunidades de engajamento em criações pessoais, atentou-se para a diversidade de projetos criados durante esta etapa. Observou-se que os programas criados foram bastante diversos, o que indica que se conectaram aos interesses dos estudantes e possibilitaram maiores oportunidades para a expressão criativa. Na **Figura 17** e **Figura 18** são apresentados exemplos que ilustram a diversidade dos projetos criados (escola pública).

Figura 17. Projetos criados durante a aula 2.

Fonte: Autoria própria

Figura 18. Projetos criados durante a aula 3.

Fonte: Autoria própria.

Apesar das sugestões para a exploração de diferentes blocos nos guias usados nas aulas 2 e 3, preocupou-nos o fato de os alunos não assumirem riscos e nem explorarem novas possibilidades com os blocos Scratch. Assim, na quarta aula, foi proposta uma atividade que buscou incentivar uma postura mais exploratória dos estudantes no uso do Scratch. Foram oferecidas fichas com um conjunto pré-definido de blocos, com o objetivo de incentivar a experimentação de novas possibilidades na programação (**Figura 19**).

Quatro tipos diferentes de fichas foram criados, cada um com blocos diversos que, quando combinados, poderiam fornecer caminhos interessantes para a exploração. Os estudantes exploraram cada conjunto de blocos no ambiente Scratch por cerca de dez minutos.

Figura 19. Exemplo de ficha exploratória criada.
Fonte: Autoria própria

Após as aulas de programação em Scratch, foram realizadas conversas com os estudantes, que indicaram que o nível de compreensão foi bastante heterogêneo em relação à ferramenta Scratch. Este fato havia sido notado durante as observações de sala de aula e foi confirmado durante as entrevistas. Notou-se que alguns estudantes desenvolviam projetos bastante avançados e iam muito além do que era proposto, enquanto outros limitavam-se a seguir o que estava proposto nas fichas, muitas vezes com extrema dificuldade. No trecho transcrito a seguir, percebe-se visões diferentes dos estudantes da escola pública a respeito destas aulas iniciais:

Estudante 2: Eu achei bem explicada, dá pra entender tudinho certo..

Estudante 1: Nem todas as coisas. Quem presta atenção. Tem coisas que dá pra entender, outras não.

Pergunta: Tipo o que?

Estudante 2: Quem presta bastante atenção consegue.

Estudante 1: Tipo os blocos... Ah, não sei como explicar, mas..

Estudante 3: Como colocar os blocos. Nós não sabe muito bem colocar espere 5 segundos, em cima ou embaixo.. é um pouco difícil...

Pergunta: E das fichas que a gente deu, o que acharam?

Estudante 1: Ah, isso me ajudou bastante.

Estudante 3: Ajudou.

Pergunta: Ajudou em relação ao que?

Estudante 1: Você já tinha noção de como fazer o bonequinho andar...

Estudante 2: Mas daí tem vezes que você esquecia... entendeu? Aí olhava na ficha.

Pergunta: E vocês acham que as fichas deixaram o caminho muito fechado, muito engessado?

Estudante 3: Não.

Pergunta: E se não tivesse as fichas, se fosse mais aberto?

Estudante 1: Eu acho que eu não ia aprender quase nada.

No trecho acima, os alunos expressaram a importância das fichas para orientar o aprendizado, o que surgiu também em comentários de outros estudantes desta escola, apresentados abaixo:

- As fichas eu achei bem legal. Não estava conseguindo fazer sem as fichas, com as fichas eu consegui fazer.
- Bem melhor, as fichas são legais, a gente aprendeu bastante com as fichas.
- Sem a ficha (...) a gente não sabe nada...
- Eu gosto das professoras, que fica rondando, ajudando, dá um suporte assim pra você. As fichas são boas também, mas tem um monte de coisa que eu não entendo na ficha, e é bom os professores, eu gosto porque eles ficam rondando, te ajudando.
- As fichas ajudaram vocês a aprender?
- Ajudaram.
- Sim. Muito.
- Porque a gente tava perdido, a gente não sabia mexer.

No entanto, a maioria dos estudantes relatou que a utilização do Scratch possibilitou a expressão da criatividade, conforme exposto nos comentários abaixo (na escola particular):

“Eu achei que o Scratch nos desafia a fazer algo novo e também a ter pensamentos além do comum”

“No começo eu não gostei do Scratch, achei muito confuso. Mas depois que vi alguns tutoriais e pude fazer o que eu quisesse, eu achei muito legal porque as pessoas podem exercer a sua criatividade”

“O Scratch é um site bem legal, porque você usa sua imaginação para criar os seus projetos”

“Achei um programa super, super legal para as pessoas que querem tirar a ideia do papel”

Quanto à percepção geral das atividades, os estudantes da escola particular comentaram que consideraram as atividades um tanto repetitivas:

“As aulas dessas semanas eu achei divertidas mas também repetitivas”

“[achei] divertidas e engraçadas, mas um pouco repetitivas”

“Eu vou falar, no geral elas foram repetitivas e meio chatas, não gostei muito do Scratch”

Já na escola pública, não foi relatada a sensação de “repetição” das atividades, talvez por conta da maior dificuldade que tiveram em compreender a lógica de funcionamento do programa nas aulas iniciais. Devido ao elevado número de alunos por tutor, no entanto, os alunos de ambos os contextos relataram dificuldades no início do uso do Scratch.

Semana 5: Primeiro contato com o BetaKit

Após a familiarização com a programação no ambiente Scratch, os estudantes foram introduzidos a atividades de programação do mundo físico. Na primeira aula em que os estudantes utilizaram o BetaKit, foi proposta uma atividade na qual eles testaram os módulos para descobrir a função de cada um e entender as diferenças entre sensores e atuadores.

Foram apresentados todos os módulos, três cabos de áudio em cores diferentes, um módulo de microcontrolador pré-programado, uma bateria e pequenos adesivos vermelhos e verdes. O microcontrolador foi previamente programado para parear os pinos do sensor de um lado com os pinos do atuador em posições simétricas do outro lado (como mostrado na **Figura 20**).

Figura 20. Esquema representando o microcontrolador pré-programado.
Fonte: Autoria própria

Em grupos (**Figura 21**), os estudantes foram desafiados a criar algum método de teste de hipóteses para descobrir quais componentes eram sensores e quais eram atuadores, colocando adesivos vermelhos e verdes sobre eles dependendo do tipo de componente (sensores ou atuadores). Eles poderiam testar cada módulo em ambos os lados da caixa sem risco de dano ao microcontrolador ou aos componentes, e foram convidados a descobrir a função de cada componente. Ao final do processo de exploração, foi realizada uma discussão com toda a classe envolvendo uma formalização conceitual, na qual foi apresentado o nome de cada componente bem como sua função e foram discutidas as diferenças entre sensores e atuadores a partir de suas hipóteses e reflexões.

Em conversas com os estudantes a respeito desta atividade, notou-se que a sensação de descoberta foi bastante valorizada e que a dinâmica foi efetiva para atingir os objetivos, uma vez que todos os grupos conseguiram fazer a separação adequada entre sensores e atuadores e descobrir a função de cada componente. Alguns dos comentários dos estudantes sobre a atividade são apresentados abaixo:

- “Eu gostei pois nós fomos descobrindo sozinho”
- “Nós fomos descobrindo, então ficou mais claro pois nós tiramos as conclusões”
- “A melhor sensação é a sensação da descoberta”

Figura 21. Estudantes em seu primeiro contato com o kit.
Fonte: Autoria própria

Semanas 6-10: Programando o mundo físico

Na sexta aula, os estudantes foram apresentados ao ambiente S4A com uma breve demonstração sobre como conectar os módulos e sobre como iniciar um programa. Eles foram instruídos a começar a explorar os blocos de programação física com os módulos para criar versões menores de dispositivos "inteligentes" que vemos à nossa volta.

Os alunos criaram uma variedade de dispositivos simples, como cancelas de estacionamento, sistemas de alarme de ré de carros e luzes noturnas automáticas. No entanto, observou-se a necessidade de recursos de aprendizagem mais adequados para ajudar os estudantes a desenvolverem suas ideias nesta atividade, já que estes demonstraram a necessidade de maior orientação em seus primeiros passos.

As aulas seguintes foram destinadas ao desenvolvimento de projetos temáticos, que tiveram duração de duas semanas cada. Foram sugeridos temas amplos que podiam

ser encarados de diversas formas por parte dos estudantes, descritos a seguir. Nas atividades propostas, foram disponibilizados módulos do kit, placas de eucatex perfuradas (que servem de estrutura para a fixação de módulos) e outros materiais como parafusos, pregadores de roupa, elásticos, arames e bolinhas de gude para a construção dos projetos.

Os temas a serem trabalhados não foram propostos pelos estudantes, mas a forma de encará-los foi livre, deixando em aberto os possíveis caminhos para a solução dos problemas ao longo dos processos. As atividades foram pensadas de forma a permitir a exploração a partir de testes rápidos e fáceis rearranjos entre as peças. As atividades foram estruturadas para que os estudantes colocassem problemas a si próprios e complexificassem suas estruturas à medida que superassem obstáculos. O potencial lúdico e criativo deste tipo de construção buscou engajá-los no processo, ao mesmo tempo em que, para estudar e resolver problemas que surgissem ao longo do caminho, tivessem que utilizar o raciocínio lógico resolvendo problemas de programação e de engenharia.

Máquina de Rube Goldberg

O primeiro projeto após a familiarização inicial com o kit foi uma mistura de percurso para bolinha de gude com uma máquina de Rube Goldberg. O objetivo desta atividade foi despertar o interesse na construção e permitir que os estudantes desenvolvessem ideias criativas através de um projeto coletivo.

Cada grupo de cerca de três alunos recebeu um kit com a caixa do microcontrolador, motores, botões e uma placa perfurada. Recursos comuns foram disponibilizados (como prendedores de roupa, elásticos, pequenos pedaços de MDF cortados, parafusos e porcas) para criar um caminho que levava a bola do motor para o botão. Depois de programar suas máquinas usando blocos condicionais simples, eles conectaram todas as máquinas para criar um grande projeto coletivo, onde a bola pressionando o botão de um grupo dispararia o motor do próximo grupo.

Foi uma atividade muito envolvente com um clima colaborativo grande na sala de aula. A maioria dos alunos trabalhou duro para criar caminhos criativos, motivados pelo aspecto coletivo da máquina, onde cada parte deve funcionar corretamente para

completar a meta da máquina de acender uma lâmpada. A atividade foi focada na construção física, e não havia muito espaço e tempo para explorar a programação nesta atividade, uma vez que se desejava que as crianças se engajassem na construção e não se preocupassem muito com a programação de muitos sensores e atuadores diferentes em sua experiência inicial. Na **Figura 22** são apresentadas imagens dos estudantes envolvidos em seus projetos.

Figura 22. Estudantes trabalhando em seus projetos. Fonte: Autoria própria

Atividade Arte Interativa

Na escola particular, a criação da máquina de Rube Goldberg foi substituída por um projeto de arte interativa, de acordo com escolha feita pelos estudantes.

Foram inicialmente apresentados diversos projetos de arte interativa utilizando Arduino disponíveis na Internet, de forma a inspirar os estudantes. Em seguida, foram discutidos os materiais e componentes eletrônicos envolvidos nos projetos apresentados, bem como a dificuldade e complexidade envolvidas no desenvolvimento de tais obras. Discutiu-se também “o que é arte”, e conexões foram feitas pelos estudantes com o que estavam vendo nas oficinas de teatro a respeito do tema. Ao final, foi proposto que, a partir das discussões, os grupos criassem algum projeto que envolvesse a sua noção de arte, a partir de interações com o espectador.

Os estudantes mostraram-se bastante animados para realizar o projeto, e sem um objetivo de funcionalidade prática, sucessivas reformulações da ideia inicial foram

possíveis, bem como mudanças bruscas de trajeto a partir de ideias que surgiram nos caminhos a partir da experimentação. Alguns dos projetos criados envolveram robôs que se movimentavam de acordo com interações com o espectador e um personagem no Scratch que replicava os movimentos dos estudantes com a utilização de cinco sensores de luminosidade.

Jogo Pinball

O tema proposto nesta atividade foi a criação de um jogo tipo *pinball*. A placa de eucatex foi utilizada como base para o jogo, e os botões foram utilizados para ativar sons e luzes anexados à placa.

Apesar de haver um objetivo definido que seria a criação do jogo, houve bastante espaço para diferentes caminhos de experimentação com os materiais, bem como oportunidades para exploração de ideias e conceitos de programação a partir de caminhos pessoais.

Após a construção da estrutura com os obstáculos e lançadores, os estudantes conectaram os módulos eletrônicos para acrescentar maior interatividade a seus jogos. Observou-se diversidade nas soluções encontradas pelos estudantes para criar as interações, bem como diversos elementos estéticos por eles introduzidos.

Nas **Figura 23** e **Figura 24** são apresentadas imagens das etapas de desenvolvimento dos projetos.

Figura 23. Exemplos de *pinballs* em diferentes etapas de desenvolvimento.
Fonte: Autoria própria

Figura 24. Estudantes da escola particular trabalhando nos projetos.

Fonte: Autoria própria

Nos comentários dos estudantes a respeito da atividade, foram comuns os relatos que apontaram para o desenvolvimento de sua criatividade, conforme expresso nos trechos abaixo:

“Foi muito legal, porque desenvolvemos nossa criatividade de criar o pinball de uma forma diferente do que já existe”

“Eu aprendi a ter mais criatividade, a criar novas maneiras de criar um jogo”

“Eu dei ideias legais, porque é legal ter ideias”

“Você já sabe como é a coisa, mas aí você tem que fazer do seu jeito.”

Além disso, observou-se durante estas aulas um notável engajamento dos estudantes durante o desenvolvimento deste projeto, dedicando-se durante os recreios e mostrando-se sempre surpresos com o término das aulas. Nossas observações foram alinhadas a seus relatos:

“Foi muito legal, porque nos dedicamos nos intervalos, foi muito divertido”

“O grupo inteiro se dedicou na aula e no recreio”

Notamos também que a atividade foi importante para o desenvolvimento do sentimento de ser capaz de criar, já que muitos dos estudantes nunca haviam tido contato com elementos de construção, como parafusos e porcas:

“Eu tive uma noção melhor de pôr a mão na massa”

“Aprendi a usar a porca”

“[aprendi] esse negócio de montagem... a gente usou cola quente...”

Na escola particular, um dos grupos, que optou por fazer furos permanentes na sua base utilizando uma furadeira, relatou ainda que a experiência de utilização desta nova ferramenta foi bastante significativa para os envolvidos.

A questão referente ao aprendizado da programação física também surgiu entre os relatos dos estudantes, indicando que a atividade cumpriu seu papel de engajar os estudantes no aprendizado de conceitos iniciais de programação física:

“Eu aprendi a programar melhor.”

“Eu aprendi como funcionam mais os atuadores.”

No entanto, devido ao curto período de tempo oferecido para o desenvolvimento do projeto, não se observou grande diversidade no uso dos sensores e atuadores, e nem a exploração da programação de forma mais aprofundada. No diálogo com os estudantes, alguns indicaram que mais uma aula seria importante para o aperfeiçoamento do projeto.

Projeto livre

Nesta atividade, o objetivo era oferecer aos estudantes a oportunidade de criar um projeto pessoal, sem direcionamento temático. Enquanto os demais projetos propostos foram estruturados como micromundos, de forma a permitir uma exploração segura de materiais e técnicas de construção e de programação, nesta atividade a intenção foi que os alunos criassem objetos pessoalmente significativos a partir de suas próprias ideias, utilizando materiais recicláveis trazidos de suas casas.

Foi fornecida ainda uma gama de recursos como tecidos, papéis coloridos, pequenos olhos, limpadores de cachimbo, bem como os materiais cotidianos utilizados nas aulas anteriores.

Na EMEF, muitos grupos criaram personagens usando diferentes tipos de materiais, como caixas de leite e de papelão, enquanto outros construíram jogos que conectavam os mundos físico e digital (**Figura 25**).

Figura 25. Projetos criados com tema livre na EMEF.

Fonte: Autoria própria.

Já na escola particular, um dos grupos optou pela construção de um piano que ao invés de notas emitia frases gravadas pelos estudantes, enquanto o outro criou uma máquina voltada ao “bem-estar”, que entregava fichas com frases motivacionais para elevar a autoestima de alguém que se aproximasse, acendendo luzes.

Na **Figura 26** são apresentadas imagens dos estudantes trabalhando em seus projetos. Na sequência, estão transcritas suas percepções sobre a realização de tais projetos.

Figura 26. Estudantes da escola particular trabalhando na construção do projeto livre.
Fonte: Autoria própria.

Em relação ao tempo oferecido, os estudantes mostraram-se desapontados ao final da última aula e comentaram que gostariam de ter tido mais momentos para trabalhar em seus projetos:

“Acho que deveria ter tido mais tempo”

“Se tivesse mais uma aula dava pra ter um resultado melhor”

Quanto às suas percepções gerais, comentaram novamente a respeito do desenvolvimento de sua criatividade, bem como sobre o aspecto de colaboração:

“Achei legal porque pudemos usar a criatividade”

“Todos contribuíram e cada um ajudou o outro”

Além disso, relataram que a atividade permitiu uma maior compreensão de aspectos relacionados à programação e à robótica:

“Aprendi bastante sobre robótica e programação, e sobre que se der errado tudo bem”

“Aprendi a programar, aprendi como os atuadores funcionam e a trabalhar no tempo”

4.4.4 Reflexões sobre os resultados

Observou-se durante as atividades um grande engajamento por parte da maioria dos estudantes de ambos os gêneros nas atividades realizadas. Estes muitas vezes seguiram trabalhando mesmo após o término das aulas e mostravam-se muito entusiasmados e ansiosos com o início das aulas a cada semana. Este engajamento foi significativamente maior após a introdução dos elementos de construção de projetos no mundo físico, conforme comenta uma estudante:

“A aula que eu me interessei mesmo, que eu falei: não, é isso que eu quero, foi a que vocês trouxeram aqueles negócios de laser, os sensores. Aí eu vi e falei: nossa, gostei.”

Durante nossas conversas, os estudantes relataram que se sentiram mais criativos e confiantes após a participação nas atividades, e demonstraram grande interesse por processos de criação com os quais não tinham contato. Destaca-se ainda a forte colaboração entre os estudantes, que ouviram ideias dos demais e trabalharam juntos para encontrar soluções.

A atividade de projeto livre foi a que mais motivou a classe como um todo, já que muitos daqueles que não se interessaram tanto pela programação trabalharam na parte estética das criações. Este é um ponto que merece maior aprofundamento, já que, apesar de não estarem desenvolvendo habilidades de programação, estes estudantes tiveram a oportunidade de se engajar em processos criativos. Quando perguntados sobre a aula preferida, no último dia de aula, metade dos estudantes comentou que as aulas de projeto livre foram as mais interessantes para eles, e citaram a liberdade para poder “inventar nossas coisas” e “poder dar nossa ideia”.

Em relação a possíveis temas de interesse para novas versões do currículo, quando alguns alunos sugeriram a criação de robôs, uma aluna comentou:

“Eu prefiro outras coisas. Não é que eu não gosto da ideia, mas é que eu acho muito clichê, todo mundo quer sempre fazer um robô. O que você faz com tecnologia? Um robô.”

No entanto, a incapacidade de lidar com todos os questionamentos dos estudantes, que demonstraram pouca autonomia na exploração, foi um ponto que chamou a atenção. Notou-se que os estudantes solicitavam a ajuda dos tutores antes de tentar encontrar por si sós as respostas que buscavam e, em geral, não se aprofundavam em explorações de forma independente, restringindo-se a utilizar de forma superficial os materiais e ferramentas de programação disponíveis. Este aspecto levou-nos a considerar a criação de novos recursos de aprendizagem que pudessem incentivar os estudantes a experimentar novas possibilidades e a depender menos de ajuda externa

4.5. Fase 4. Refinamento do currículo

Após a reflexão a respeito dos resultados da Fase 3, foram reformuladas algumas estratégias e atividades do currículo proposto, para aplicação nesta nova fase.

No que se refere à estruturação do currículo, optou-se por trabalhar nesta fase de forma mais livre em termos de cronograma. As observações e os relatos dos estudantes apontaram o tempo como um fator limitante da criatividade, já que, pressionados pelos prazos previamente estabelecidos para término dos projetos, muitas vezes acabavam não desenvolvendo uma ideia potencialmente interessante para cumprir com uma entrega que seria apresentada à sala.

Assim, ao invés de tentar replicar o planejamento da etapa anterior com pequenas modificações, considerou-se importante nesta fase tomar como base o que deu certo, porém com mais atenção aos interesses dos estudantes durante o processo, de forma a permitir que desenvolvessem suas ideias de acordo com seus próprios tempos.

Além disso, dado que não foi possível contar com o auxílio da pesquisadora que auxiliou na etapa anterior, não foram realizadas entrevistas com os participantes durante as aulas, e foi necessário limitar-se às observações de sala de aula.

4.5.1 Participantes

Participaram desta etapa os estudantes que na Fase 3 compuseram o grupo controle, composto por 25 estudantes da EMEF. Optou-se por não incluir o grupo da escola particular nesta análise pois, devido a questões de organização interna da escola, as aulas tiveram que ser estruturadas de maneira menos linear e, portanto, pouco contribuiriam para nossa discussão.

Nesta fase, as atividades foram conduzidas por uma professora-pesquisadora e pelo POIE da escola. A professora de matemática da escola também acompanhou as atividades, dando suporte quando necessário.

4.5.2 Novos recursos de aprendizagem

Mesmo após a reformulação do currículo para a Fase 3, percebeu-se que os estudantes não se aprofundavam nas explorações, demandando ajuda externa em muitos momentos. No currículo da fase anterior, buscou-se formas de envolver os estudantes em projetos mais significativos, de acordo com temas abertos para que pudessem ser direcionados por interesses pessoais. No entanto, observou-se que apesar do engajamento na criação destes projetos, por vezes estes ficavam demasiadamente superficiais, e os estudantes demonstravam dificuldade em seguir adiante sem um auxílio externo.

Uma hipótese levantada para explicar tal fato foi a ausência de recursos de aprendizagem adequados, que permitissem a exploração de forma menos dependente dos professores, mas que, por outro lado, não limitassem tanto a expressão pessoal como ocorreu na Fase 1. Assim, a partir de conversas com a equipe do grupo Lifelong Kindergarten, e em especial com a pesquisadora Natalie Rusk, foram desenvolvidos novos materiais desenhados para oferecer pequenos blocos de conhecimento que poderiam auxiliar os estudantes a criar projetos de acordo com seus próprios interesses.

Alguns dos materiais desenvolvidos foram cartões que continham informações sobre como conectar cada tipo de componente e exemplos de blocos que poderiam ser utilizados para fazê-los funcionar da forma mais simples possível. Exemplos de cartões criados são apresentados na **Figura 27** e no Apêndice 2.

Acendendo um LED

Acendendo um LED

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCÊ CONSEGUIU...

... Ligar 2 LEDs?

... Usar 2 teclas para ligar e desligar?

1A

Controlando o LED com um botão

Controlando o LED com um botão

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCÊ CONSEGUIU...

... Usar o botão para controlar o alarme?

5A

Figura 27. Cartões para uso do BetaKit com o S4A.
 Fonte: Autoria própria

Nas aulas de programação física, cada grupo recebia um conjunto de 8 cartões contendo pequenos blocos de informação a serem utilizados sob demanda e que, quando combinados, poderiam auxiliar no desenvolvimento de projetos de forma mais independente (**Figura 28**).

Figura 28. Estudantes utilizando os cartões na criação de projetos.
Fonte: Autoria própria

Foram também criados pôsteres que foram afixados na parede da sala de aula. Um dos pôsteres continha informações sobre como resolver erros simples identificados ao longo do estudo como os mais comuns e que mais demandavam o auxílio dos professores. Outros dois pôsteres apresentavam informações gerais sobre os sensores e atuadores, ilustrando como conectá-los e como criar alguns programas simples utilizando os componentes (**Figura 29**). Os estudantes eram incentivados a consultar os pôsteres quando não conseguiam resolver algum problema (**Figura 30**), o que estimulou a circulação dos mesmos pelo ambiente, entrando em contato com outros grupos e observando os projetos em que estavam trabalhando.

Figura 29. Exemplos de pôsteres criados para a sala de aula.

Fonte: Autoria própria

Figura 30. Estudante consultando os pôsteres durante a aula.

Fonte: Autoria própria

Em relação à programação em Scratch, um recurso novo que estimulou uma exploração mais livre, porém com um menor sentimento de frustração e confusão, refere-se aos *microworlds*, ou micromundos, lançados em julho de 2016 pela equipe do Scratch. Os micromundos foram desenvolvidos para permitir a criação de projetos de acordo com interesses dos estudantes, mas com um escopo limitado, com um número reduzido de

blocos disponíveis (Scratch, 2016). A ideia de micromundo assemelha-se às fichas com um número limitado de blocos que utilizamos na Fase 3, visando maior exploração de novos conceitos no Scratch. Porém, a sua utilização a partir de um projeto em Scratch previamente desenvolvido pelo professor e limitado em termos de funcionalidades facilita substancialmente a introdução a este ambiente.

Os micromundos utilizados foram elaborados pela autora da pesquisa (**Figura 31**), que selecionou blocos que seriam interessantes para uma exploração inicial, mas que permitiriam o desenvolvimento de projetos diversos, no mesmo espírito das fichas de exploração desenvolvidas durante a Fase 3.

Figura 31. Exemplo de micromundo no Scratch.
Fonte: Autoria própria com base no Scratch

Foram também desenvolvidos pela autora novos cartões inspirados nos Scratch Cards (Scratch, 2017) que continham pequenas informações relevantes e de difícil entendimento sem uma ajuda externa, apresentados na **Figura 32**.

Figura 32. Exemplo de cartões desenvolvidos.
 Fonte: Autoria própria com base nos Scratch Cards

4.5.3 Desenvolvimento das aulas

Nesta fase, foram oferecidas 9 aulas que tiveram como base o currículo desenvolvido durante a Fase 3, porém com modificações elaboradas a partir das reflexões apontadas. O plano inicial de oferecimento de 12 aulas não pode ser levado ao fim por conta de diversos feriados e reuniões escolares ocorridas no dia das aulas que impossibilitaram o cumprimento do cronograma inicial, já que a etapa ocorreu no último trimestre de ano.

As atividades realizadas em cada semana são apresentadas na **Tabela 6** e descritas a seguir.

Tabela 6. Plano de aulas da Fase 4

Semana	Atividade
1	Discussão sobre programação e apresentação de Scratch Exploração em micromundos (interação entre personagens)
2	Atividade de programação coletiva em sala de aula Criação de um jogo no Scratch utilizando cartões
3	Continuação do desenvolvimento de jogos no Scratch
4	Exploração dos kits e criação de objetos com sucata
5	Demonstração sobre como programar o kit Projeto máquina de Rube Goldberg com a utilização dos cartões
6-9	Projeto Pinball

Semanas 1-3: Introdução à programação.

Iniciou-se a primeira aula de Scratch com uma discussão similar à realizada na Fase 3. Porém, após a discussão e apresentação de exemplos de projetos desenvolvidos no Scratch, os estudantes foram orientados a utilizar um micromundo para que explorassem o funcionamento dos blocos e ideias iniciais de programação.

Esta atividade foi encarada pelos estudantes de forma muito mais proveitosa do que a exploração aberta que havia sido proposta na fase anterior. Os estudantes

conseguiram de fato compreender princípios básicos do funcionamento de programas e exploraram os blocos para criar narrativas a partir de seus interesses. Notou-se um sentimento menor de frustração e maior aprofundamento na exploração, e o número limitado de blocos proporcionou engajamentos mais significativos.

Na aula seguinte, realizou-se a atividade de programação coletiva em sala de aula, e observaram-se resultados similares aos da fase anterior. Em seguida, no laboratório de informática, foi proposta a criação de jogos do tipo labirinto, mas, ao invés de oferecer as fichas utilizadas anteriormente, foi disponibilizado um conjunto de cartões (similares aos Scratch Cards) contendo blocos de informação que poderiam auxiliar os estudantes no desenvolvimento de seus jogos, consultados sob demanda.

Observou-se que a utilização destes recursos gerou menor necessidade de auxílio dos professores e maior autonomia no desenvolvimento dos projetos.

Semana 4: Exploração do kit

Notou-se que, na fase anterior, ao desenvolver os projetos livres, os estudantes mostraram-se extremamente entusiasmados com a oportunidade de construir objetos com sucata e ferramentas como cola quente. Dado este entusiasmo, observou-se que a parte referente à programação ficou em segundo plano, já que muita energia havia sido destinada à manipulação dos materiais.

Assim, visando um maior engajamento com a programação nas atividades de projetos com sucata, decidiu-se introduzir uma atividade de construção com tais materiais nesta aula inicial, de forma que o sentimento de novidade para trabalhar com estes recursos fosse reduzido nas etapas posteriores. Além disso, a construção de objetos trouxe uma característica mais lúdica a esta atividade, já que os estudantes exploraram os sensores e atuadores para posteriormente construir algum projeto com eles.

Figura 33. Estudantes criando e apresentando seus projetos: trator para recolher detritos.

Fonte: Autoria própria

Figura 34. Exemplo de projeto criado na aula de exploração do kit com sucata: monstro que abria a boca quando algo se aproximava.

Fonte: Autoria própria

Semanas 5-9: Programando o mundo físico

Nas semanas 5 a 9, os estudantes utilizaram o BetaKit, S4A e diversos tipos de materiais para construir e programar objetos no mundo físico. As atividades destas semanas envolveram a criação de uma Máquina de Rube Goldberg e de um jogo tipo *pinball*.

Máquina de Rube Goldberg

Nesta aula, foi demonstrado como utilizar o S4A para programar o kit, e os estudantes trabalharam na criação de uma máquina de Rube Goldberg coletiva. Dado que esta atividade havia sido efetiva para atingir os objetivos na fase anterior, optou-se por mantê-la da mesma forma. Foram obtidos resultados similares, com grande entusiasmo dos estudantes no desenvolvimento de suas construções.

Jogo *pinball*

Este projeto teve início de forma similar ao que foi proposto na fase anterior, porém com a utilização dos cartões criados para auxiliar na programação do mundo físico. Ao final da segunda aula, notou-se que os estudantes estavam extremamente engajados no trabalho em seus projetos e estavam evoluindo bastante. Optou-se então por deixá-los continuar trabalhando nesta atividade na semana seguinte. Ao final da terceira aula, observou-se que todos os grupos estavam ainda mais imersos em seus projetos, testando novas formas de interação entre os sensores e atuadores, e desenvolvendo programas extremamente distintos entre si. Assim, ofereceu-se mais uma aula para que pudessem finalizar e compartilhar seus projetos com os demais.

Um aspecto que parece ter contribuído para o forte engajamento foi o uso de novos recursos de aprendizagem baseados nos Scratch Cards. Em nossas experiências anteriores, os estudantes precisavam descobrir por si mesmos como programar suas máquinas, ou pedir a ajuda dos professores ou dos colegas. Assim, muita energia e tempo eram gastos na tentativa de descobrir de forma independente como programar corretamente o microcontrolador para executar o que haviam imaginado – o que às vezes levou a altos níveis de frustração e os fez desistir de incorporar novos recursos, limitando-se aos mais simples.

Observou-se que o aprendizado de programação nesta fase foi muito mais significativo do que nas fases anteriores, ainda que em menos semanas. Neste projeto, os estudantes criaram soluções bastante diversas para seus *pinballs*, como placares de pontuação (com o uso de variáveis), motores sincronizados e uso de sensores para coletar informações de suas máquinas (como o sensor de luz alinhado ao laser, que identificava

se a bolinha havia atravessado o feixe). Notou-se que os estudantes estavam efetivamente engajados em testar, refinar e mudar seus caminhos ao longo do processo, e isso faz refletir sobre a importância de oferecer um tempo apropriado para criar, desenvolver e complexificar ideias, mudar para outras direções, falhar e tentar novamente.

Figura 35. Estudantes criando suas máquinas de *pinball*.

Fonte: Autoria própria

Figura 36. Exemplo de projeto que incluiu um placar de pontuação para dois jogadores.

Fonte: Autoria própria

Figura 37. *Pinballs* criados pelos estudantes integrando luzes, sensores de luminosidade, lasers, motores, botões e músicas.

Fonte: Autoria própria

Aula 9 – Finalização dos *pinballs* e compartilhamento

Na última aula, os estudantes finalizaram seus projetos e houve um momento de compartilhamento coletivo no qual os estudantes puderam jogar os *pinballs* criados por outros grupos. Observou-se que o clima emocional durante esta última aula foi extremamente positivo, já que os estudantes tiveram tempo para brincar com as máquinas construídas por outros grupos e um tempo livre para desfrutar de suas próprias criações, em uma interação lúdica entre estudantes e projetos.

4.5.4 Reflexões sobre os resultados

Os recursos de aprendizagem utilizados nesta fase foram um grande diferencial em relação à etapa anterior, permitindo maior autonomia e aprofundamento dos estudantes, dada a impossibilidade de um acompanhamento mais próximo dos professores devido ao elevado número de alunos em sala, com demandas e necessidades muito distintas. Usar esses recursos foi uma experiência interessante não apenas para os estudantes, que desenvolveram suas ideias com maior independência e exploraram caminhos mais diversos, mas também para a autora da pesquisa como professora, já que teve mais tempo para refletir com os grupos sobre outros aspectos de suas máquinas, sobre suas ideias e processos, com menor preocupação em responder dúvidas sobre detalhes técnicos.

Outro aspecto que leva a repensar as estratégias adotadas nas fases anteriores refere-se ao tempo disponível para o desenvolvimento de projetos. Enquanto nas etapas anteriores havia a preocupação em seguir um cronograma que possibilitasse aos estudantes desenvolver projetos com temas e objetivos de aprendizagem diversos, a maior abertura nesta fase ao notar o engajamento dos estudantes possibilitou um aprofundamento significativamente maior na compreensão de conceitos de programação e no refinamento dos projetos.

4.6. Conclusões

Neste capítulo apresentamos os ciclos de aplicação, análise e refinamento do currículo proposto, baseados nas estratégias de DBR. Iniciamos a pesquisa a partir de um currículo que consideramos demasiadamente fechado e, ao longo das etapas, encontramos um caminho mais significativo a partir de maior abertura à experimentação, utilizando recursos de aprendizagem mais propícios a tais práticas e oferecendo maior tempo para o desenvolvimento de projetos.

No entanto, dado que não houve consistência entre os instrumentos de coleta de dados utilizados nas diferentes etapas, não foi possível realizar a comparação entre os resultados de aprendizagem em cada uma das fases. Assim, em pesquisas futuras, seria importante considerar a utilização de instrumentos adequados a diferentes contextos e contar com outras formas de registro para uma análise mais aprofundada e coesa a respeito dos impactos positivos e desafios ocasionados pelas diferentes estratégias.

5. RESULTADOS DE CRIATIVIDADE, MOTIVAÇÃO E PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados dos instrumentos para avaliação da criatividade, auto percepção criativa e motivação, aplicados aos estudantes que participaram da fase 3 deste estudo. Também são apresentados e discutidos os resultados das entrevistas realizadas com estes estudantes, referentes às perspectivas sobre si mesmos e sobre o mundo que os rodeia.

Apesar de a fase 3 ter sido realizada tanto em uma escola pública como em uma escola particular, dado que os grupos são muito diferentes entre si não foi possível pareá-los para uma análise estatística comparativa. Além das diferenças de idade, proporção entre meninos e meninas e nível socioeconômico, enquanto na escola particular os estudantes do grupo controle participavam de aulas de “investigação e exploração”, na escola pública o grupo controle assistiu a aulas regulares de matemática. Além disso, o número de participantes na escola pública foi significativamente maior que o da escola particular. Assim, optou-se por analisar aqui apenas os dados do contexto da escola pública.

5.1. Dados demográficos

A amostra considerada para análise, composta pelos estudantes que estavam presentes nos dois dias de aplicação dos instrumentos (pré e pós teste), apresenta a composição descrita na **Tabela 7** e **Tabela 8**:

Tabela 7. Caracterização dos respondentes ao Teste de Torrance

Grupo	N	Média de idade	Fem	Masc
Controle	17	12,3	7	10
Experimental	34	12,2	16	18

Tabela 8. Caracterização dos respondentes ao questionário

Grupo	N	Média de idade	Fem	Masc
Controle	21	12,3	8	13
Experimental	44	12,2	22	22

5.2. Testes de Torrance do Pensamento Criativo

Consideramos na análise do Teste de Torrance do Pensamento Criativo o total do Índice Criativo Figural 1, composto pela somatória dos escores das categorias de fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração.

Os resultados do Teste T, que comparou os totais do Índice Criativo Figural 1 no pré e pós teste para os grupos controle e experimental, são apresentados na **Tabela 9**.

Tabela 9. Resultados do Teste T para o TTPC

	Controle	Experimental	
	Média (DP)	Média (DP)	p
Pré	63,12 (19,8)	67,14 (24,8)	0,572
Pós	61,65 (22,4)	79,66 (21,7)	0,010*
p	0,840	0,046*	

A análise aponta que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle e experimental no pré teste ($T = -0,570$; $p = 0,572$), o que indica que tais grupos são equivalentes quanto ao aspecto criatividade. No entanto, após a intervenção realizada durante as doze semanas, observamos diferenças significativas entre os grupos no pós teste ($T = -2,684$; $p = 0,010$).

Ao analisar as diferenças entre pré e pós teste para o grupo controle, observamos que a criatividade do grupo manteve-se estável durante o período ($T = 0,203$; $p = 0,840$). Já para o grupo experimental, foi constatada uma evolução positiva em seu Índice Criativo, com diferença significativa entre o pré e pós teste ($T = -2,045$; $p = 0,046$).

Tais resultados indicam que a intervenção realizada durante as doze semanas foi efetiva para estimular a criatividade dos estudantes, uma vez que os escores do grupo controle mantiveram-se estáveis enquanto o grupo experimental apresentou considerável evolução.

Além disso, não foram observadas diferenças significativas entre os Índices Criativos de meninos e meninas tanto para o pré teste quanto no pós teste.

5.3. Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula

Na análise da Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula, foram considerados os fatores 2 (autopercepção do aluno sobre características criativas) e 3 (motivação do aluno para a aprendizagem), compostos por 6 e 7 itens cada, respectivamente.

Os resultados do Teste T, que comparou os totais de cada fator no pré e pós teste para os grupos controle e experimental, são apresentados na

Tabela 10.

Tabela 10. Resultados do Teste T para a Escala				
		Controle	Experimental	
		Média (DP)	Média (DP)	p
Fator 2	Pré	3,32 (0,56)	3,34 (0,60)	0,929
	Pós	3,49 (0,59)	3,64 (0,55)	0,389
	p	0,400	0,033*	
Fator 3	Pré	3,81 (0,64)	4,01 (0,49)	0,225
	Pós	3,68 (0,48)	4,24 (0,40)	<0,001*
	p	0,517	0,038*	

A análise indica que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle e experimental no pré teste, tanto para o Fator 2 ($T = -0,090$; $p = 0,929$), quanto para o Fator 3 ($T = -1,229$; $p = 0,225$). Assim, verificamos que os grupos possuíam percepções equivalentes em relação à própria criatividade e à motivação para a aprendizagem no início da pesquisa.

Na comparação entre o pré e pós teste, observamos um aumento significativo na percepção criativa (Fator 2) do grupo experimental ($T = -2,177$; $p = 0,033$), enquanto o

grupo controle manteve-se estável ($T = -0,854$; $p = 0,400$). Porém a diferença no pós teste do grupo experimental não foi significativa quando comparada ao grupo controle ($T = -0,869$; $p = 0,389$), provavelmente devido ao N pequeno da amostra considerada.

Já em relação à motivação para aprendizagem (Fator 3), o grupo experimental apresentou aumento significativo na comparação entre o pré e pós teste ($T = -2,166$; $p = 0,038$), o que não foi observado para o grupo controle ($T = 0,656$; $p = 0,517$). As notas de pós teste dos grupos experimental e controle também são estatisticamente diferentes ($T = -4,360$; $p < 0,001$), o que indica aumento na motivação do grupo experimental, provavelmente devido ao interesse e engajamento nas atividades propostas.

Assim como para o Índice Criativo do TTPC, diferenças significativas entre meninos e meninas não foram observadas para os fatores analisados na Escala.

5.4. Correlações entre o TTPC e a Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula

De posse dos resultados individuais do TTPC e dos fatores 2 e 3 da Escala para Avaliação do Clima para a Criatividade em Sala de Aula, procedeu-se à análise de correlação entre os três valores, utilizando-se o *software* estatístico SPSS. Tal análise buscou avaliar se os resultados do Índice Criativo do TTPC apresentavam correlação com algum dos fatores da Escala utilizado.

Conforme apresentado na **Tabela 11**, não houve correlação entre nenhuma das variáveis analisadas no pré teste do grupo experimental. No entanto, todas as variáveis se correlacionam significativamente de forma positiva na aplicação do pós teste (**Tabela 12**).

Tabela 11. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Experimental no Pré Teste

		TTPC	Fator 2	Fator 3
TTPC	r	-	-	-
	p	-	-	-
Fator 2	r	0,553	-	-
	p	0,096	-	-
Fator 3	r	(0,020)	0,067	-
	p	0,940	0,805	-

Tabela 12. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Experimental no Pós Teste

		TTPC	Fator 2	Fator 3
TTPC	r	-	-	-
	p	-	-	-
Fator 2	r	0,644	-	-
	p	0,007*	-	-
Fator 3	r	0,550	0,521	-
	p	0,027*	0,038*	-

Já para o grupo controle, não foi observada correlação entre as variáveis tanto para o pré teste (**Tabela 13**) quanto para o pós teste (**Tabela 14**).

Tabela 13. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Controle no Pré Teste

		TTPC	Fator 2	Fator 3
TTPC	r	-	-	-
	p	-	-	-
Fator 2	r	(0,007)	-	-
	p	0,970	-	-
Fator 3	r	(0,023)	0,251	-
	p	0,897	0,152	-

Tabela 14. Correlação entre os escores do TTPC e os Fatores 2 e 3 da Escala para o Grupo Controle no Pós Teste

		TTPC	Fator 2	Fator 3
TTPC	r	-	-	-
	p	-	-	-
Fator 2	r	0,285	-	-
	p	0,103	-	-
Fator 3	r	0,043	0,336	-
	p	0,811	0,052	-

Os dados apresentados sugerem que a intervenção realizada alinhou a percepção criativa dos indivíduos com os escores obtidos no TTPC. No entanto, dado o pequeno número de participantes na amostra considerada, é necessário que estudos com amostras maiores sejam realizados a fim de confirmar tais resultados.

5.5. Discussão sobre os resultados de criatividade

Os resultados do teste e questionários aplicados são congruentes com a hipótese de que a abordagem proposta poderia estimular a criatividade e confiança criativa dos estudantes. Entretanto, devido ao pequeno número de participantes, sugerimos que sejam realizados novos estudos com uma amostra maior a fim de validar os resultados aqui encontrados.

Uma explicação alternativa para os resultados encontrados para o TTPC pode estar relacionada ao vínculo estabelecido entre grupo experimental e a pesquisadora durante as doze semanas nas quais a intervenção ocorreu. Tal vínculo pode ter impactado a motivação dos estudantes ao realizar o pós teste, já que estes poderiam estar mais abertos, empenhados e interessados em obter maiores pontuações, dada a conexão criada com a pesquisadora –conexão esta não estabelecida com o grupo controle, que teve aulas de matemática ao invés de participar da intervenção.

Além disso, o fato de oferecer algo muito novo aos estudantes pode também ter contribuído para os resultados obtidos, já que o contato destes com novas ferramentas e abordagens pedagógicas pode gerar impactos que não devem ser negligenciados.

Uma possível forma de dirimir estas variáveis em estudos futuros, seria oferecer outros tipos de intervenção ao grupo controle, de forma que o vínculo com os pesquisadores fosse estabelecido de forma semelhante com os dois grupos, estando o fator novidade presente também no resultado de ambos.

No que diz respeito à correlação entre os resultados de criatividade, auto percepção criativa e motivação, os dados sugerem que a intervenção contribuiu para alinhar a criatividade, as expectativas em relação à própria criatividade e motivação. No entanto, conforme apontado, estudos com amostras maiores são necessários para confirmar estes resultados.

Destaca-se ainda que a auto percepção criativa não está necessariamente ligada à criatividade em si, já que muitos fatores podem influenciar a forma como os indivíduos se veem, como aspectos afetivos e emocionais relacionados à rigidez e auto crítica, por exemplo.

Por fim, uma vez que o grupo controle participou de atividades tradicionais durante o período de intervenção, não é possível separar os componentes que contribuíram de forma mais significativa para o aumento da criatividade e percepção criativa observados no grupo experimental. Assim, não se pode afirmar se a causa deste aumento se deve às estratégias adotadas, aos materiais e ferramentas utilizados, à interação com a pesquisadora, ou a outros fatores aos quais os estudantes do grupo experimental foram expostos. O que podemos concluir, dado o desenho experimental utilizado, é que a combinação destes componentes contribuiu positivamente para o aspecto criativo dos estudantes, sendo necessárias investigações mais aprofundadas em estudos futuros sobre o tema a fim de separar tais variáveis.

5.6. Entrevistas com estudantes

Nesta seção apresentaremos os temas comuns que surgiram nas entrevistas conduzidas com os estudantes do grupo experimental no último dia de aula, descritos com exemplos de falas.

As entrevistas, depois de transcritas e analisadas, foram classificadas em temas dentro de duas grandes categorias: perspectivas dos estudantes sobre si mesmos, relacionadas a mudanças na visão de suas próprias capacidades e habilidades; e perspectivas sobre o mundo, que se conectam a novas formas de enxergar objetos e materiais à nossa volta.

É importante ressaltar que muitos alunos apresentaram dificuldade em elaborar suas respostas às perguntas da entrevista, fornecendo poucos detalhes, mesmo após terem sido solicitados a desenvolver suas ideias. Observou-se também que o vocabulário utilizado pelos entrevistados às vezes tornava pouco claro o significado das frases, e estes muitas vezes mostravam-se desconfortáveis com perguntas de aprofundamento. Desta forma, buscamos levar os estudantes a desenvolver os temas que surgiram sempre que possível. No entanto, em muitos dos casos, logrou-se pouco sucesso - provavelmente devido à nossa falta de experiência em entrevistas com públicos desta faixa etária e à pouca familiaridade dos estudantes com tais práticas.

5.6.1 Perspectivas dos estudantes sobre si mesmos

As perspectivas dos estudantes sobre seus próprios potenciais e habilidades são aspectos que podem influenciar significativamente sua aprendizagem e envolvimento em atividades educacionais (Bandura, 1993; Zimmerman, 2000; Zimmerman & Bandura, 1992). Nas entrevistas realizadas, ouvimos estudantes descreverem o desenvolvimento de novos entendimentos sobre si mesmos, estabelecendo novas formas de enxergarem suas habilidades e potencialidades.

Tais sentimentos estão relacionados ao que Bandura chamou de autoeficácia percebida: crenças das pessoas em suas próprias capacidades de executar certos tipos de performances e de produzir determinadas realizações (Bandura, 1997, 2006). O autor argumenta que a autoeficácia desempenha um papel fundamental na agência humana, afetando as metas, aspirações, expectativas em relação aos resultados, ações, desempenho e interesses intrínsecos dos indivíduos (Bandura, 1982).

Dos treze estudantes entrevistados, dez descreveram em suas falas impactos das atividades em suas percepções sobre as próprias capacidades e habilidades. A seguir, apresentaremos os temas mais comuns relacionados a estes aspectos (

Tabela 15), bem como uma análise detalhada de cada um dos temas, com exemplos de frases utilizadas pelos estudantes durante as entrevistas.

Tabela 15. Temas comuns e frases exemplares relacionadas a mudanças de perspectiva sobre si mesmos (próprias capacidades e habilidades)

Tema	Exemplo	N
Capacidade de criar	<i>Me ajudou a descobrir que eu sou capaz de fazer coisas.</i>	5
Capacidade de aprender	<i>Em pouquinho tempo aprendemos bastante coisa que eu achei que a gente não aprenderia.</i>	2
Criatividade	<i>Eu acho que eu fiquei uma pessoa mais criativa.</i>	3

Auto percepção criativa

Os julgamentos sobre a própria criatividade são também chamados de autoeficácia criativa, e conectam-se ao constructo mais amplo de autoeficácia proposto

por Bandura (1997). De acordo com Beghetto (2006), a autoeficácia criativa está relacionada ao esforço necessário para a expressão criativa, influenciando atitudes como a escolha de atividades e a persistência, necessárias para atingir determinados resultados.

Durante as entrevistas, os estudantes apontaram que as atividades realizadas tiveram influência em seu sentimento criativo, como exemplificado abaixo:

Porque eu não imaginava que eu tinha essa criatividade toda. Não sabia que eu tinha tanta criatividade assim. Não sabia que eu me interessava tanto para criar coisas assim. (...) eu acho que eu fiquei uma pessoa mais criativa, eu comecei a me interessar por coisas que dá pra criar assim, com poucas coisas dá pra criar bastante coisa legal. *(Vitória, 12)*

Um estudante comentou que, durante as aulas, sua "criatividade aumentou". Quando perguntado por que ele acreditava que isso havia acontecido, explicou:

Porque antes eu não usava ela para nada, então ela ficava ali. Aí agora que eu comecei a usar, ela tipo desenvolveu mais. *(Gustavo, 12)*

Está implícito na sua fala que ele já se considerava criativo em certa medida, mesmo antes das aulas. No entanto, as atividades foram importantes para oferecer a oportunidade de ampliação deste seu potencial criativo. Ele especifica que o projeto da Máquina de Rube Goldberg foi particularmente importante para ajudá-lo a expressar e aumentar sua criatividade:

Aquele projeto que a gente usou aquela tábua cheia de furos. Aquilo ali ajudou muito, porque a gente não tinha nada, só a ideia da bola bater no botão. Daí ali a gente fez um negócio que aumentou minha criatividade. Eu coloquei ela em ação, para valer. *(Gustavo, 12)*

Também observamos que a criatividade algumas vezes apareceu relacionada à ideia de fazer coisas, como descrito nesta declaração:

Eu não tinha muita criatividade e hoje eu já tenho uma ideia de como fazer. Não tenho aqueeeela criatividade, mas já tenho uma ideia de como fazer as coisas. *(Daniela, 13)*

A noção de criatividade, no entanto, não parece estar muito clara para alguns estudantes, que por vezes citavam a capacidade de fazer coisas como sinônimo de criatividade, como no exemplo acima.

Ser capaz de criar

A descoberta da própria capacidade de criar foi o tema mais comum quando os alunos comentaram sobre o impacto das atividades nas perspectivas sobre si mesmos. Este sentimento é diferente da criatividade, uma vez que criar ou fazer coisas não implica necessariamente na capacidade de produzir algo que seja considerado criativo. Além disso, os estudantes cujas falas se enquadram neste tema não expressaram preocupações a respeito da novidade de suas ideias, concentrados sobretudo na concretização de tais ideias.

O impacto nas suas percepções sobre serem capazes de criar foram explicitadas em comentários que evidenciaram que as aulas os ajudaram a descobrir que eram "capazes de fazer coisas".

Tal capacidade de criar conectou-se em alguns casos a mudanças na forma de ver os materiais a nosso redor, conforme descrito nesta declaração:

(...)me ajudou a descobrir que eu sou capaz de fazer coisas. (...) Me ajudaram a enxergar que todo mundo é capaz de criar alguma coisa. E só você precisa de materiais recicláveis e uma boa imaginação. *(Arthur, 12)*

Foi comum também ouvir os estudantes demonstrando surpresa a respeito de suas próprias capacidades e expressando que sentiam falta de confiança no início das atividades. Algumas falas que ilustram tal sentimento são apresentadas abaixo:

Você acha que tem coisas que a gente acha que a gente não vai conseguir fazer de alguma forma e daí a gente consegue fazer e ficar super feliz por isso. (...) Como fazer o Pikachu, né. Porque as pessoas fazem e pensam que é fácil, mas mesmo uma coisa de papelão, não é tão fácil para fazer. *(Rayane, 12)*

Ser capaz de aprender

O sentimento de ser capaz de aprender novas habilidades e conteúdos é um elemento importante na vida dos alunos, influenciando o engajamento e os resultados da aprendizagem. Em nossas entrevistas, ouvimos os alunos descrevendo como eles aprenderam coisas que não imaginavam que poderiam aprender, ultrapassando suas expectativas sobre as próprias capacidades:

Eu aprendi bastante coisas que eu não imaginava que eu podia aprender em poucas aulas. Em pouquinho tempo aprendemos bastante coisa que eu achei que a gente não aprenderia. (Vitória, 12)

Porque a gente aprendeu só em 12 aulas. E a gente, às vezes, a gente precisa de mais de um ano para aprender essas coisas e, a gente, que ainda somos adolescentes, sabemos, a gente aprendeu mais do que um adulto mesmo. A gente não precisou de um ano, dois anos para aprender. (Amanda, 12)

Eu aprendi bastante coisas que eu não imaginava que eu podia aprender em poucas aulas. (Vitória, 12)

Antes eu não sabia fazer nada e agora eu sei fazer várias coisas. (Rafaela, 14)

Tais falas evidenciam que os conteúdos abordados em sala de aula eram percebidos no início como muito avançados para suas capacidades, e que as aulas contribuíram para desmistificar em certo grau as tecnologias utilizadas.

Detalhes específicos a respeito do tipo de coisas que os alunos perceberam que poderiam criar ou aprender não foram expressos, em geral. Apenas uma estudante fez comentários a respeito deste tema utilizando vocabulário específico relacionado a ferramentas e materiais de programação física:

A gente aprendeu a criar robôs, usar LED, laser, e vários sensores que a gente só vê na rua mesmo. (Amanda, 12)

5.6.2 Perspectivas sobre o mundo

Além de desenvolverem novas identidades como aprendizes, também observamos mudanças nas perspectivas dos estudantes relacionadas à compreensão de como os dispositivos tecnológicos funcionam, bem como novos pontos de vista a respeito dos materiais e objetos que nos rodeiam. A seguir, descreveremos detalhadamente como os estudantes relataram os aspectos mais comuns que surgiram nesta categoria, apresentados na **Tabela 16**.

Tabela 16. Temas comuns e frases exemplares relacionadas a mudanças de perspectiva sobre o mundo (materiais e objetos ao nosso redor)

Tema	Exemplo	10
Construção com materiais do dia a dia	<i>Daria para você achar vários objetos na sua casa e construir várias coisas.</i> <i>Com poucas coisas dá pra criar bastante coisa legal.</i> <i>Eu posso construir várias coisas com, como é que eu posso dizer, coisas recicláveis, que também possam ajudar em casa.</i>	8
Interesse em entender como as coisas funcionam	<i>Porque agora, além da gente ver o que tem, o que funciona, a gente pode ver como ela funciona, como ela foi montada, projetada e tudo.</i>	2

Construção com materiais do dia-a-dia

Os alunos relataram como eles experimentaram uma mudança na maneira como veem materiais que encontram em torno deles, desenvolvendo uma percepção de que quase tudo pode ser usado como material de construção para dar vida às suas ideias. As declarações abaixo, de três estudantes diferentes, exemplificam este tipo de percepção:

Eu olhar para alguma coisa e falar: aquilo ali dá para fazer alguma coisa.
Eu conseguiria fazer um projeto com aquilo. (Gustavo, 12)

Que a gente pode criar tanta coisa... Já vi tanta coisa que dava para criar. Aqueles papelão.... (Sebastião, 12)

Observamos ainda evidências de envolvimento com materiais fora da sala de aula:

Eu aprendi várias coisas. Que eu posso construir várias coisas com, como é que eu posso dizer, coisas recicláveis, que também possam ajudar em casa (...). foi importante porque me ensinou a construir coisas. Aí em casa eu construí um robzinho. Assim, com palito de fósforo. Aí ele mexe um olhinho. Sabe aqueles olhinhos postiços? (Artur, 13)

Enxergar novas possibilidades de uso para materiais cotidianos pode despertar a curiosidade e estimular a experimentação com as coisas que temos ao nosso redor, influenciando também as perspectivas sobre a própria capacidade de criar.

Interesse em entender como as coisas funcionam

Ter uma ideia de como as coisas são criadas e compreender alguns de seus princípios gerais de funcionamento pode levar à sensação de que qualquer pessoa é capaz de consertar as coisas e dar vida às suas próprias ideias.

Nas entrevistas, observamos descrições da curiosidade dos estudantes em compreender o mundo ao seu redor de maneiras diferentes. Uma estudante descreveu:

Agora, além da gente ver o que tem, o que funciona, a gente pode ver como ela funciona, como ela foi montada, projetada e tudo. (Amanda, 12)

e comentou sobre evidências da expansão destas atitudes para além da sala de aula:

Lá na minha rua tem um cara, meu vizinho, que tem uma luz LED que quando a pessoa passa ele apita, né. Ele tirou um dia para me mostrar como funciona. Aí eu fui com ele e ele mostrou tudinho como funcionava. (Amanda, 12)

Outra estudante, ainda, descreveu como passou a se interessar em entender como as coisas ao seu redor funcionam:

Eu não tinha muito interesse em robótica, e esses negócios assim. Para mim, tipo, ah tá funcionando então eu vou usar. Então eu não tinha muito

interesse em ver o que estava dentro, ou pelo menos consertar, eu pedia para outras pessoas. Aí eu aprendi isso, né, o interesse... (Daniela, 13)

5.7. Discussão a respeito das entrevistas

A partir da análise das entrevistas, foi possível perceber que as novas maneiras de olhar para materiais cotidianos aliadas ao aspecto de construção pareceram ser mais importantes do que as habilidades de programação ou programação física desenvolvidas. Uma explicação possível para este fato pode estar relacionada ao não aprofundamento em conceitos de programação ou eletrônica, sendo os materiais utilizados para a construção de projetos oferecidos sem muitas explicações sobre o seu funcionamento. Para um currículo introdutório de doze aulas que visa despertar o interesse, a criatividade e a confiança criativa, este fato poderia ser considerado esperado e até mesmo desejável. No entanto, é importante que, a partir da introdução inicial, os estudantes tenham a oportunidade de seguir se aprofundando em tais conhecimentos de forma a poderem desenvolver projetos relevantes no futuro.

Ademais, a escolha por utilizar materiais não estruturados durante o desenvolvimento das atividades parece ter tido efeito sobre a forma como os estudantes passaram a olhar para os objetos ao seu redor, o que indica que um dos objetivos de aprendizagem estabelecidos foi atingido.

Na análise da transcrição das entrevistas, reunimos algumas ideias gerais sobre os temas emergentes, mas em poucos casos foi possível um aprofundamento nas percepções dos estudantes. Ressalta-se ainda que a categorização das respostas foi realizada por apenas uma pesquisadora, o que torna os resultados pouco robustos do ponto de vista metodológico. Em estudos futuros temos a intenção de nos aprofundarmos em técnicas de entrevista e de solicitar a outros pesquisadores que realizem a codificação paralelamente, de forma a gerar resultados e discussões mais completos.

Eu queria falar que a aula de robótica me ensinou várias coisas que antes eu não sabia mexer em tecnologia nenhuma, que eu vim da Bahia e na Bahia não tinha nada disso. E lá não tinha nada disso, e daí eu cheguei aqui, me topei com a aula de robótica e me interessei bastante e eu acho que isso deveria ficar aqui, a gente podia terminar a robótica, porque é

uma coisa legal, e também porque robótica ensina várias coisas de tecnologia e mudou minha vida, porque antes eu não sabia fazer nada e agora eu sei fazer várias coisas. (Rafaela, 14)

5.8. Entrevistas com professores

Apresentamos a seguir algumas percepções dos professores que acompanharam as atividades em sala de aula na escola pública, coletadas em entrevistas realizadas no último dia de aula.

A professora de matemática indicou ter notado uma nova atitude de alguns alunos em sala, para além das aulas de robótica, visão convergente com a relatada pelos estudantes a respeito das novas visões que desenvolveram sobre si mesmos.

Uma coisa que eu observei, que eu comentei até na reunião de pais, são alunos que são apáticos, não fazem nada e tal.. Mas depois, que começou o projeto, esses alunos que não registram quase nada no caderno, quando você pergunta: “Qual a consequência disso?”, eles respondem oralmente.. Posso citar o exemplo de um aluno? O José [nome fictício]. Ele é difícil de anotar as coisas, mas ele oralmente participa, dá palpite certo... Ele tenta fazer uma gracinha para deixar engraçada a resposta dele... Lembra que ele fazia isso? Ele eu achei que ele deu uma deslanchada...

Pergunta: E você acha que isso tem a ver com a robótica?

Eu acho que tem, por que foi depois que eu percebi isso nele... De ele ter mais coragem de falar, mesmo que ele fale uma besteira... Que ele acha que é besteira, às vezes não é totalmente besteira, tem a ver.

O professor de informática comentou ainda sobre o interesse despertado na maioria dos alunos:

Nota dez para a motivação dos alunos. Abarcou acho que quase todos, no interesse deles. A maioria gostou. Raríssimos os alunos que não se interessaram por isso, porque eles já tem uma outra história aqui dentro da escola de muita dificuldade mesmo, e é difícil alcançar eles, com problemas sérios desde sempre. Mas a maioria dos alunos gostou, a minha primeira impressão foi nota dez mesmo.

Um número pequeno de alunos, no entanto, apresentou grandes dificuldades para o engajamento nas aulas, principalmente aqueles com deficiências de leitura e escrita e com problemas de interação social, como autismo. Apesar de nosso interesse em engajar o maior número possível de alunos nas atividades propostas, encontramos dificuldades para oferecer suporte adequado a estes perfis.

Em relação aos materiais utilizados, o professor de informática destacou o valor da utilização de materiais de baixo custo e fáceis de serem encontrados para o desenvolvimento dos projetos de construção:

Os materiais são excelentes, são materiais que você pode adaptar qualquer tipo de material caseiro, encontra em qualquer lugar, é fácil de achar, não são materiais caros. Dá para fazer um investimento pequeno e alcançar resultados bons.

Outro ponto interessante foi a percepção de que o currículo aplicado na Fase 4, ainda que mais curto que o aplicado na Fase 3, permitiu o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes de forma mais acelerada - conforme comentado pela professora de matemática:

Do meu ponto de vista, é sempre curto o tempo... Porque eu me pego como parâmetro. Eu precisaria de muito mais tempo. Mas, no entanto, essa turma que teve menos aulas, parece que desenvolveu mais rapidamente. Foi mais rápido.

Tal fato pode ser explicado devido à introdução de novos recursos de aprendizagem e de mais tempo para o desenvolvimento do projeto *pinball*, no qual os estudantes se engajaram de forma muito significativa. Em relação à sua percepção como professora de matemática, ela apontou a necessidade de uma formação mais adequada para que possa adaptar atividades de programação de forma a complementar conhecimentos trabalhados na sala de aula regular.

Agora eu vou falar de mim, uma necessidade que eu tenho que despertou. De eu me capacitar para desenvolver projetos que eu possa pegar uma coisa do meu cotidiano de sala de aula com eles, e botar para fazer programinha... (...) Eu preciso dar um jeito de ir atrás disso, porque daí vai melhorar muito.. (...) Plano cartesiano, ah, eu já tive algumas ideias para a aula de plano cartesiano. Porque tem muita coisa em

comum. No plano cartesiano tem o lado positivo, o lado negativo, as coordenadas, eles usam isso aqui, uma inclinação maior, outra menor.. Então eu tenho alguns conceitos matemáticos, agora eu preciso adaptar isso na lógica da programação. Eu vejo um caminho.

O professor de matemática, além de comentar sobre sua necessidade de maior aprofundamento, apontou para a importância de parcerias entre os professores da unidade para que seja possível dar continuidade a tais projetos, uma vez que uma aula semanal de quarenta e cinco minutos (tempo oferecido para as aulas de informática na rede municipal) lhe parece um tempo curto.

Eu acho que eu ainda preciso me apropriar bastante dele, seguir algumas metodologias, mas adaptar para um período de 45 minutos semanais... Eu ainda não sei como fazer isso, adaptar para o pouco tempo que a gente tem. O meu planejamento de continuar com a robótica seria um projeto à parte, no contraturno, menos alunos. Mas é possível, desde que esteja em conjunto com outros professores de outras áreas, e usando mais tempo para desenvolver os projetos, igual você fez aqui.

Pergunta: Então você acha que tem que ter parceria com outros professores?

Tem que ter. Tanto pelo tempo, porque a disciplina de informática não comporta, é muito curto o tempo. Agora se juntar mais aulas dá para a gente fazer coisas mais... Com continuidade.

Em relação ao número de alunos por turma, o professor comentou ser possível desenvolver tais atividades com turmas regulares, destacando a cooperação que surgiu entre os estudantes:

O número aqui dá mais ou menos... Não chega a 30. Mas dividido em grupos, dá para fazer. Não tem indisciplina, tem muita cooperação entre eles. Dá para fazer tranquilo, sim. Eu achei que não daria para usar isso em aula. Mas eu estou percebendo que agora dá para fazer.

Por fim, comentou também sobre o a importância de que mais tempo seja oferecido para que os estudantes possam aprofundar os conhecimentos iniciais:

Eu acho que a gente poderia ter mais tempo para fazer isso. Ter mais tempo, mais aulas. Focar mais nas bases do Scratch, para mim a estrutura

é a falta de tempo. E desenvolver outros projetos também. Mas talvez para outros módulos também, mais avançados. Então, é uma introdução. E daí cada escola depois, continuar e aprofundar.

5.9 Conclusões

Os resultados apresentados neste capítulo indicam que as estratégias e materiais utilizados na fase 3 deste estudo tiveram impacto positivo na criatividade e confiança criativa dos estudantes. Além disso, identificamos o desenvolvimento de novas perspectivas a respeito do mundo e de si mesmos por parte dos estudantes. Tais resultados apontam que os objetivos pedagógicos definidos para a aplicação do currículo neste estudo foram atingidos. Os professores que acompanharam as atividades foram também positivamente impactados pelo desenvolvimento das atividades, relatando novas motivações despertadas e o interesse em dar continuidade ao trabalho a partir de apropriações pessoais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O currículo de programação física desenvolvido ao longo desta pesquisa teve como principais objetivos aproximar estudantes de Ensino Fundamental II dos processos de construção e programação no mundo físico, de forma a despertar mudanças de olhar a respeito das tecnologias que os rodeiam, a confiança no processo de criação e o potencial criativo destes estudantes.

As estratégias adotadas e atividades propostas foram testadas, analisadas e refinadas continuamente, o que trouxe várias lições aprendidas durante o caminho. Tomou-se como ponto de partida atividades baseadas em uma estrutura demasiadamente restrita e, ao longo do processo, percebeu-se a necessidade de criar atividades mais abertas e convidativas à experimentação, de forma que os estudantes pudessem criar projetos a partir de interesses pessoais e desenvolver seu potencial criativo. No entanto, notou-se que uma abertura excessiva, com atividades pouco direcionadas, gerou sentimentos de frustração e de confusão. Uma estratégia importante para permitir a expressão criativa aliada à apropriação dos conceitos de programação física foi a criação de atividades estruturadas como “micromundos”, nos quais os estudantes puderam explorar conceitos básicos importantes ao mesmo tempo em que desenvolviam seus próprios caminhos de experimentação e desenvolvimento de ideias. Outro fator importante para permitir maior autonomia dos aprendizes durante o processo exploratório foi a disponibilização de recursos de aprendizagem adequados, como os cartões criados na última fase deste estudo.

Ao longo do desenvolvimento das atividades que ocorreram nas Fases 3 e 4 deste estudo, observou-se um alto nível de engajamento dos estudantes, especialmente durante as atividades que envolviam a programação do mundo físico aliadas à construção. Os níveis de participação foram similares entre meninos e meninas, apontando que o oferecimento de atividades neutras em termos de gênero e que se conectassem ao universo lúdico dos estudantes foi efetivo para engajar estudantes com interesses diversos.

Ressalta-se ainda que houve um forte engajamento de estudantes considerados pelos demais como “bagunceiros”, o que indica que este tipo de atividade pode permitir

novas formas de envolvimento em relações significativas com o aprendizado para estudantes que não demonstram interesse em aulas tradicionais.

As atividades desenvolvidas durante a Fase 3 foram efetivas para desenvolver o pensamento criativo, a confiança criativa, e a motivação para aprendizagem de estudantes que participaram das atividades sem necessariamente demonstrar um interesse prévio no tema. Compartilhamos a seguir algumas estratégias que consideramos úteis para atingir altos níveis de engajamento e para o desenvolvimento da criatividade.

6.1. Estratégias sugeridas

A partir das observações de sala de aula e conversas realizadas com os estudantes, foram identificadas algumas estratégias que se mostraram efetivas para engajar os estudantes no processo iterativo de criação e para o favorecimento da criatividade e confiança na construção e criação. Tais estratégias foram divididas em três grandes grupos e referem-se à facilitação de aspectos que consideramos essenciais para os resultados obtidos: (a) motivação intrínseca, (b) espaço para o erro e (c) desenvolvimento de ideias (apresentadas na **Tabela 17**). No entanto, apesar do agrupamento proposto, as estratégias interseccionam-se e podem ser importantes para mais de um dos três grandes aspectos apresentados.

Tabela 17. Resumo das estratégias propostas.**Motivação intrínseca**

Conectar as atividades a interesses pessoais
 Incentivar os estudantes a acreditarem em suas ideias
 Privilegiar a colaboração ao invés da competição
 Incentivar o compartilhamento
 Fornecer um ponto de partida, mas não um ponto de chegada

Espaço para o erro

Criar micromundos para exploração
 Selecionar materiais convidativos à experimentação
 Permitir mudanças de rumo ao longo do processo
 Oferecer tempo adequado para o desenvolvimento de projetos

Desenvolvimento de ideias

Fazer perguntas ao invés de fornecer respostas
 Oferecer recursos de aprendizagem que permitam diferentes caminhos
 Utilizar materiais em novos contextos
 Incentivar os estudantes a partirem dos materiais disponíveis

6.1.1 Motivação intrínseca

A motivação é um importante fator para o engajamento, para o desenvolvimento da criatividade, e para que resultados importantes de aprendizado sejam atingidos. De forma a despertar maior motivação para a aprendizagem, sugere-se que as estratégias adotadas permitam que os estudantes conectem os projetos desenvolvidos a seus interesses pessoais e que os professores incentivem os estudantes a acreditarem em suas ideias, ofereçam espaço para o compartilhamento de projetos e privilegiem a colaboração ao invés da competição.

Conectar as atividades a interesses pessoais

O engajamento em explorações significativas a partir de conexões a interesses pessoais, que fundamentou a elaboração das atividades propostas, pode ter sido um fator importante para o desenvolvimento da criatividade, devido aos elevados níveis de motivação despertados.

Diversos autores apontam a importância de conectar as atividades desenvolvidas em sala de aula aos interesses pessoais dos estudantes, engajando-os na criação de projetos significativos. A partir da conexão a interesses pessoais, a realização das atividades é motivada pela paixão, o que pode impactar positivamente o desenvolvimento da criatividade (Amabile, 1996; Amabile & Fisher, 2009). Assim, os aprendizados decorrentes da apropriação das ferramentas e da compreensão de conceitos são vistos como meio para atingir objetivos, motivando a busca pelo conhecimento, que passa a ser visto de forma contextualizada e significativa.

Para que isto ocorra, no entanto, é importante que sejam oferecidas atividades atrativas a partir de temas amplos e neutros em termos de gênero, que possibilitem que cada estudante encontre um ponto de intersecção entre o tema proposto e seus próprios interesses.

Incentivar os estudantes a acreditarem em suas ideias

Notamos ao longo deste estudo a relevância de mostrar aos estudantes o potencial de suas ideias e de fazê-los acreditarem que são capazes de aprender e de criar. No desenvolvimento das aulas, notamos que muitos estudantes apresentavam baixa autoestima e mostravam-se pouco confiantes em executar suas ideias. Palavras de incentivo e demonstrações de entusiasmo por parte dos professores foram, nestes momentos, importantes para fazê-los seguir em frente, desafiar-se e testar novas ideias, indo além do que esperavam de si mesmos.

Criar um clima emocional agradável e demonstrar entusiasmo com as ideias apresentadas pelos estudantes ao longo de seus processos, incentiva-os a acreditarem que são capazes de criar projetos interessantes e buscarem meios para concretizá-los. Conforme sugerem autores como Beghetto (2006) e Fleith e colaboradores (2005),

fortalecer a autoestima dos aprendizes pode influenciar positivamente a sua motivação e criatividade.

Privilegiar a colaboração ao invés da competição

Incentivar a cooperação ao invés da competição é um fator importante para a motivação e criatividade (Amabile, 1989). Este aspecto permite ainda uma participação maior de aprendizes com habilidades e interesses diversos, engajando um número maior de estudantes no processo de aprendizado da programação física, conforme já sugerido por Rusk e colaboradores (2008).

Além disso, em salas de aula com elevado número de estudantes por professor, a colaboração entre pares pode auxiliar no desenvolvimento de ideias de forma menos dependente do professor. Durante esta pesquisa, observou-se pouca autonomia dos estudantes na busca de soluções para problemas que surgiam, muitas vezes solicitando a ajuda da professora sem antes tentar encontrar as respostas por si sós. Um dos acordos que funcionou neste sentido e estimulou a colaboração foi estabelecer que os estudantes deveriam sempre perguntar a dois colegas antes de chamar a professora. Os estudantes que ajudavam sentiam-se mais confiantes no processo e os que demandavam ajuda podiam evoluir mais rapidamente, sem ter que aguardar a presença do professor.

Incentivar o compartilhamento

Dar espaço para que os estudantes compartilhem suas ideias, seus questionamentos e o processo de desenvolvimento de seus projetos em momentos coletivos de exposição pode ser um fator importante tanto para a motivação, quanto para gerar inspiração para o restante do grupo. No entanto, é importante que o clima de compartilhamento seja agradável e livre de pressões para que os estudantes sintam-se confortáveis, dando ênfase aos aprendizados do processo, e não apenas ao produto final.

Fornecer um ponto de partida, mas não um ponto de chegada

Delimitar um objetivo ou desafio a ser atingido limita a possibilidade de conexão dos projetos aos interesses pessoais dos estudantes. Assim, com base na sugestão de Rusk e colaboradores (2008), foram propostos temas para o desenvolvimento de projetos sem delimitar um desafio final que deveria ser atingido. Notou-se que tal estratégia foi efetiva para permitir o desenvolvimento de ideias a partir de diferentes caminhos e para engajar estudantes com interesses diversos e de ambos os gêneros nas atividades propostas.

6.1.2 Espaço para o erro

Outro aspecto importante durante o processo criativo foi o espaço oferecido para o erro e a descoberta. O erro é inevitável no processo de invenção e aprendizado e, portanto, não deve ser evitado, já que “as estruturas, os esquemas, os conceitos, as ideias, são criados, construídos, por um processo de autorregulação” (Macedo, 1994, p. 96). Nesta perspectiva, é fundamental que sejam criadas condições para que os estudantes se coloquem no papel de autores do conhecimento, encontrando respostas a suas próprias perguntas. Conforme sugere Papert:

“[Na escola] há uma única maneira de fazer algo. E isso não acontece no mundo real. No mundo real, há muitas maneiras de fazer as coisas, e é assim que a criatividade se desenvolve. É assim que as pessoas fazem novas e excitantes descobertas - porque tentam várias maneiras diferentes para chegar aos resultados que procuram.” (*Papert, 1980a, sem página, tradução nossa*)

O espaço para o erro é fundamental no processo criativo (Sternberg, 2000). No entanto, não basta colocar ferramentas e materiais nas mãos dos estudantes e esperar que estes se engajem em processos de tentativa e erro. Para que isto ocorra com menores índices de frustração e maior aprendizado, é importante que sejam oferecidos materiais que permitam o teste rápidos de ideias, e que as estratégias de facilitação, bem como o ambiente, sejam propícios e desenhados intencionalmente de forma convidativa à exploração. Algumas das estratégias que se mostraram eficazes neste sentido são resumidas abaixo.

Criar micromundos para exploração

A proposição de atividades demasiadamente abertas e pouco estruturadas pode gerar frustração e desinteresse, ao invés de engajamento e autonomia. Por outro lado, atividades baseadas em desafios muito restritos oferecem pouco espaço para a conexão a interesses pessoais e para o desenvolvimento criativo.

Observamos que criando atividades curtas, baseadas em objetivos pedagógicos bem definidos, a partir de um número limitado de materiais (sejam eles físicos ou blocos de programação), permitimos que os estudantes pudessem desenvolver conhecimentos iniciais importantes a partir de seus interesses. Os micromundos (Papert, 1993) que criamos nos currículos propostos foram encadeados de forma a abrir aos poucos novas possibilidades, sem no entanto limitar a criatividade na execução dos projetos.

O contato inicial com o Scratch apresentou algumas dificuldades, principalmente por conta da complexidade do ambiente que possui muitos blocos e segmentações (palco, personagens, *scripts*). Uma estratégia efetiva para este contato inicial foi a utilização de micromundos no Scratch - ambientes que apresentam apenas blocos pré-definidos pelo professor para a criação de projetos. Este tipo de recurso permitiu um primeiro contato mais amigável, ao mesmo tempo em que possibilitou a criação de projetos diversos pelos estudantes.

Em relação à programação física, criamos um micromundo inicial baseado no tema Máquina de Rube Goldberg, que exigia a programação de apenas dois componentes (motores e botões), a partir do qual os estudantes puderam desenvolver um conhecimento básico sobre a programação física e explorar ideias criativas a partir da construção física. Em seguida, criamos um micromundo com o tema *pinball*, para o qual oferecemos materiais limitados, mas que permitiram a exploração mais aprofundada de aspectos da programação do mundo físico e do processo iterativo na construção.

Selecionar materiais convidativos à experimentação

Os materiais oferecidos para a construção estão diretamente relacionados à forma como os estudantes se envolverão no processo iterativo de teste de ideias. As estratégias sugeridas por Petrich e colaboradores (2013) no que se refere à escolha de materiais foram importantes para engajar os estudantes neste processo. Quando os materiais

permitiram curtos intervalos de tempo entre realizar uma alteração no projeto e observar o seu efeito, os estudantes puderam realizar pequenos experimentos rápidos ao longo do processo, o que favoreceu o desenvolvimento de novas ideias.

Em relação à programação física, os kits utilizados possibilitaram um início de uso fácil e retornos rápidos sobre o resultado de experimentações, alinhados às sugestões de Resnick e Rosenbaum (2013). Assim, a partir de um processo iterativo rápido, diversas ideias puderam ser testadas e refinadas.

Permitir mudanças de rumo ao longo do processo

Abrir espaço para que ideias iniciais possam não apenas se complexificar, mas se reconfigurar, transformando-se em novas ideias a partir do processo de exploração, é um fator importante para incentivar o desenvolvimento da criatividade. Neste sentido, não exigimos que os estudantes fizessem planos do produto final que iriam desenvolver para então proceder à construção, deixando-os livres para explorar os caminhos à medida que novas ideias surgiam.

Oferecer tempo adequado para o desenvolvimento de projetos

Ao longo da pesquisa, e principalmente durante a última iteração do currículo proposto, um dos pontos que mais nos chamou a atenção foi a importância de readaptar as atividades e tempos de acordo com os interesses que se manifestam ao longo do desenvolvimento de projetos.

É comum entre professores a ideia de que se nenhum prazo for estipulado para que os estudantes terminem seus trabalhos, estes se demorarão demasiadamente para cumprir o objetivo da atividade e trabalharão com pouco foco. Entretanto, o que observamos em nossas práticas é que, se a atividade for suficientemente atrativa para os estudantes, propiciando descobertas e engajamento pessoal, os períodos de desenvolvimento de projetos podem ser mais flexíveis. Quando definimos períodos muito curtos para cada projeto, notamos que no momento em que os estudantes começavam a se tornar capazes de identificar os problemas e refletir sobre como poderiam solucioná-los, ou ainda terem novas ideias para complexificar suas construções, o prazo para finalização do projeto em geral acabava por encerrar este

processo de maneira abrupta. Por outro lado, quando mais tempo foi oferecido, observamos uma complexidade nos projetos finais significativamente maior, com os altos níveis de engajamento mantidos.

Um aspecto fundamental, no entanto, para que este engajamento ocorresse, foi o interesse dos estudantes pelos objetos que estavam criando e a ausência de pressões externas como avaliações. Os estudantes se empenharam na criação de seus objetos por interesse genuíno e motivação intrínseca e, por isso, envolveram-se profundamente no processo de aprendizado e construção.

Assim, sugerimos que, ao invés de propor um currículo com estrutura fechada e tempos bem estabelecidos desde o início, os períodos para o desenvolvimento de cada projeto sejam flexibilizados e renegociados continuamente com os estudantes, a partir de observações atentas dos professores.

6.1.3 Desenvolvimento de ideias criativas

Apresentamos aqui algumas estratégias que se mostraram eficazes para incentivar os estudantes a seguir desenvolvendo suas ideias a partir das motivações despertadas.

Fazer perguntas ao invés de fornecer respostas

Ao desenvolver projetos sem sólidos conhecimentos prévios, muitos problemas costumam surgir, advindos tanto da ausência de bases conceituais como de habilidades técnicas. Quando os problemas surgem, é importante não se antecipar fornecendo uma solução imediata. Perguntas podem contribuir mais para o aprendizado do que respostas, permitindo a construção de um sentimento maior de autoria por parte dos estudantes. Colocar perguntas que exijam reflexão ao longo do processo de desenvolvimento de conceitos permite que os estudantes se coloquem no papel de construtores do conhecimento e sintam-se confortáveis para questionar saberes durante o processo.

Oferecer recursos de aprendizagem que permitam trilhar diferentes caminhos

Os recursos de aprendizagem criados durante o desenvolvimento desta pesquisa foram essenciais para permitir explorações mais aprofundadas e maior autonomia dos estudantes durante o desenvolvimento dos projetos, dependendo menos da ajuda dos professores.

Um aspecto importante a ser considerado no desenho de tais recursos é o oferecimento de pequenos blocos de informação que podem ser consultados pelos estudantes e conectados entre si para o desenvolvimento de projetos mais complexos. Assim, ao invés de fornecer instruções passo-a-passo sobre como iniciar um projeto, utilizar os recursos permitiu que os estudantes imaginassem por si sós seus projetos e consultassem tais materiais sob demanda para atingir seus objetivos.

Utilizar materiais em novos contextos

O uso de materiais familiares em novos contextos contribuiu para que os estudantes ampliassem suas percepções a respeito das possibilidades de criação, conforme apontado nas entrevistas. De forma a refletir sobre novas possibilidades de uso de materiais cotidianos, propõe-se a utilização de recursos familiares de novas formas e incentivar os estudantes a trazerem materiais de suas casas, o que os incentiva a olhar para os objetos a seu redor com olhar curioso e a perceber o potencial da criação em oposição ao consumo.

Incentivar os estudantes a partirem dos materiais disponíveis

Oferecer materiais diversificados para o desenvolvimento de projetos pode ser importante para o desenvolvimento da criatividade (Amabile; 1989). No entanto, ressalta-se que a forma de uso de tais materiais tem impactos profundos sobre o processo de desenvolvimento de ideias, bem como sobre os níveis de frustração gerados. Um caso observado em sala de aula ilustra a importância para o processo criativo de, ao invés de imaginar um projeto para depois buscar os materiais para sua construção, olhar inicialmente para os materiais e depois imaginar o projeto - de forma que as ideias possam emergir a partir do contato com os recursos disponíveis, e o processo iterativo possa se dar de maneira mais adequada.

Durante o desenvolvimento de projetos de arte interativa na Fase 3 deste estudo, observamos dois grupos de estudantes trabalhando de forma bastante distinta em seus projetos. Em um grupo, os estudantes iniciaram a construção a partir da ideia de criar uma caixa que iria se abrindo em várias camadas com a utilização de motores e botões. Os estudantes imaginaram sua ideia, fizeram desenhos, e dividiram funções entre o grupo: enquanto uma dupla criava o programa que controlava os sensores e atuadores, a outra dupla construía a estrutura da caixa em papelão. Durante as aulas seguintes, cada grupo seguiu empenhado em criar a sua parte e, ao final, integraram-nas para a criação da engenhoca final. Para sua surpresa, o aparato não funcionou conforme o esperado, já que os motores não tinham torque suficiente para levantar a pesada estrutura da caixa, além de não se encaixarem bem nos espaços imaginados para eles. Apesar dos aprendizados de programação e da criação de uma estrutura interessante, ao final da experiência os estudantes ficaram com uma sensação de frustração por não terem conseguido materializar uma ideia tão interessante.

Outro grupo, por sua vez, resolveu criar um aparato que desenharia em um papel a previsão meteorológica daquele dia. Iniciaram unindo dois motores em uma estrutura que serviria para acoplamento da caneta, quando perceberam que tal estrutura, quando programada, criava movimentos engraçados se os motores não estivessem fixados a uma base, assemelhando-se a uma dança. Resolveram, então, começar a criar programas que gerassem “danças” divertidas, utilizando estes dois motores e blocos de programação com repetição. Após explorarem algumas possibilidades, decidiram integrar aos poucos mais alguns motores à sua estrutura, criando uma espécie de robô dançarino que mexia os pés, os braços e o tronco, com seis motores. Adicionaram blocos de randomização para gerar movimentos aleatórios e potenciômetros para determinar a velocidade com a qual o robô dançarino se moveria. Ao final, tinham criado algo que foi visto por eles como muito divertido e complexo, a partir de um processo que foi se construindo a partir das observações de comportamento dos componentes disponíveis. Provavelmente, se tivessem se fixado à ideia inicial, não teriam seguido por um caminho tão motivador e criativo de aprendizado, e dificilmente teriam um projeto final funcional como esperavam.

Obviamente, tal processo não teria sido possível se tivéssemos delimitado um objetivo final fechado, ou se exigíssemos que os estudantes fizessem um plano e o seguissem à risca até o final.

Este exemplo nos apontou a importância de explicar em conversas com os estudantes as vantagens de partir de pequenas explorações com os materiais para em seguida definir os próximos passos a serem seguidos. Na aula de exploração do kit na fase 4, tivemos esta discussão com os estudantes antes de que partissem para a criação de seus projetos e observamos que, mesmo em um curto período de tempo, todos os grupos conseguiram criar projetos interessantes, ainda que simples, e sentissem-se orgulhosos no momento de compartilhamento.

6.2. Desafios encontrados

Apresentamos abaixo algumas questões desafiadoras com as quais nos deparamos ao longo do desenvolvimento das atividades, com exemplos de casos observados ao longo do desenvolvimento das atividades. Apesar de algumas das estratégias apresentadas acima terem gerado resultados positivos do ponto de vista dos objetivos propostos, algumas questões que permanecem em aberto são detalhadas a seguir.

6.2.1. Colaboração em grupos

Em atividades que envolvem o uso do computador, é comum que os estudantes por vezes tenham dificuldade em trabalhar colaborativamente em duplas ou grupos. Apesar de algumas estratégias já terem sido sugeridas para lidar com esta questão, como criar dinâmicas nas quais o estudante que tem mais conhecimento orienta aquele com mais dificuldades (Schneider & Blikstein, 2015), há grandes desafios para se implantar este tipo de dinâmica em classes com muitos estudantes, especialmente quando estes não possuem maturidade suficiente para compreender seus benefícios.

Quando as atividades passaram a envolver construções físicas, especialmente no projeto livre, muitos grupos de estudantes dividiram funções: enquanto um preocupava-

se com a programação, os demais dedicavam-se à construção dos objetos. Este aspecto merece maior aprofundamento, já que, desta forma, todos se engajaram no processo criativo, mas alguns desenvolveram habilidades técnicas de programação de forma significativamente mais aprofundada do que outros – o que gera implicações para a noção de equidade.

Além disso, notamos que algumas vezes o trabalho em grupos mostrou-se inibidor do potencial criativo de estudantes que apresentavam baixo *status* perante o grupo. Notamos alguns casos em que estes, apesar de contribuírem com ideias mais originais que o restante do grupo, acabavam abrindo mão de suas ideias para ceder ao desejo de outros membros do grupo, trabalhando em projetos pouco significativos para eles.

Entretanto, outros estudantes relataram percepções positivas em relação ao trabalho em grupo, conforme apontado nas entrevistas:

Pergunta: As aulas ajudaram você a se ver de outra forma?

Ajudaram, porque trabalhar em grupo é melhor, porque você pode aprender em grupo as coisas e não precisar fazer sozinho.

Pergunta: E em que essas aulas foram importantes para você?

Que eu aprendi mais coisas. E agora dá para fazer mais trabalho em grupo.

As estratégias de facilitação e maior atenção às dinâmicas de grupo em relação a estes aspectos constituem-se, assim, como pontos relevantes a serem aprofundados, já que a colaboração em grupos apresenta potenciais que não podem ser ignorados.

6.2.2. Exposição dos projetos e criatividade

A exposição de trabalhos pode representar um importante momento de reflexão, contribuir para o desenvolvimento de habilidades de comunicação e influenciar positivamente a motivação durante a criação de projetos. Entretanto, notamos que quando os estudantes se sentiram pressionados a apresentar algo em momentos que envolveram um número maior de “espectadores”, como a exposição a outras classes,

estes assumiram menos riscos e conformaram-se com a criação de projetos mais simples do que o seu potencial permitiria. Apresentamos um caso abaixo que ilustra esta percepção.

André era um excelente aluno nas aulas de robótica e geralmente compreendia rapidamente os conceitos de programação, desenvolvendo projetos mais complexos, originais e elaborados do que o restante da turma. No entanto, no último projeto da fase 3 (projeto livre), que seria apresentado em uma exposição para as demais turmas de sétimo ano da escola, o grupo de André trabalhou na criação de um projeto demasiadamente simples, dado seu potencial. Em nossas conversas, identificamos que dois fatores parecem ter influenciado este resultado: o trabalho em grupo e o medo de apresentar algo que não funcionaria corretamente.

André havia tido a ideia de criar um abajur que se acenderia com o toque (para o qual usariam LEDs e o sensor de luminosidade adaptado para funcionar como um sensor de proximidade). Para isso, os estudantes deveriam criar uma estrutura adequada e uma programação que exigiria alguns testes iniciais para funcionar corretamente. O restante do grupo, entretanto, achou mais interessante criar um “óculos-laser”, constituído por uma armação de óculos com dois lasers acoplados, acionados por um botão. Apesar de André estar entusiasmado com sua ideia inicial, rapidamente cedeu à ideia do grupo. O grupo criou o projeto em um tempo bastante curto, e nas aulas seguintes André mostrou-se descontente com esta decisão, expressando em algumas de nossas conversas que estava desmotivado, pois considerava o projeto criado demasiadamente simples. Entretanto, a solução mais simples teria maiores chances de resultar em um projeto que funcionasse adequadamente. Na entrevista final, ao ser perguntado sobre o projeto que considerou mais difícil, apontou:

Mais difícil... Foi o último projeto que a gente tinha que fazer aquela coisa para valer, importante. Que na hora não veio muitas ideias, aí ficou difícil.

Pergunta: E porque você acha que era algo importante esse último projeto?

Porque a gente ia mostrar para todo mundo, lá embaixo.

André e seu grupo optaram por não desenvolver uma ideia considerada mais complexa para garantir um resultado satisfatório em um momento de exposição com o qual não se sentiram confortáveis. Desta forma, deixaram de explorar possibilidades que

poderiam levá-los a desenvolver novos conhecimentos e a sentirem-se orgulhosos de seu projeto.

Este caso, que apresenta também intersecção com a questão de colaboração, nos levou a refletir sobre novas formas de incentivar a exposição de ideias em ambientes nos quais os estudantes sintam-se seguros. Criando estes ambientes, eles podem ter maior confiança para testar novas ideias, sem expressarem preocupação demasiada com a opinião do grupo.

6.2.3. Aprofundamento na exploração

Apesar do interesse na exploração das ferramentas utilizadas e do engajamento na construção física, muitos estudantes não se aprofundaram no desenvolvimento de ideias, contentando-se em explorar superficialmente algumas possibilidades sem buscar complexificar suas criações.

Imagina-se que, em parte, isso deveu-se ao curto tempo oferecido para a maioria das atividades. Em propostas que tiveram maior duração, como na Fase 4, o aprofundamento foi significativamente maior, o que indica que é necessário oferecer tempos adequados para que uma apropriação maior de conhecimentos possa se estabelecer. No entanto, para que este aprofundamento ao longo do tempo ocorra, é fundamental que as atividades sejam suficientemente interessantes para motivá-los durante o processo.

Destaca-se, ainda, que a ausência de materiais de apoio adequados para permitir aprofundamentos a partir de interesses pessoais dos estudantes nas etapas iniciais também contribuiu para uma exploração mais superficial. Quando introduzimos novos recursos que auxiliaram os estudantes a desenvolver suas ideias, notamos uma maior confiança para exploração de conceitos e aprofundamento.

Neste sentido, é importante que os recursos de aprendizagem gerados nesta pesquisa sejam testados de forma mais sistemática no futuro, observando seus benefícios e pontos de melhoria.

6.2.4. Planejamento e exploração

A proposta apresentada privilegiou processos de exploração em detrimento de planejamentos estruturados - ainda que, mesmo na exploração, etapas curtas de planejamento fossem seguidas. No entanto, reconhecendo a importância da habilidade de planejar, perguntamo-nos: há um momento ideal para exigir um maior planejamento por parte dos estudantes? Como combinar o processo criativo exploratório, mais próximo de práticas artísticas, dos métodos científicos e de engenharia - e quais seriam seus efeitos?

6.3. Conclusões e sugestões para pesquisas futuras

O foco central deste estudo foi compreender como a abordagem exploratória (*tinkering*) pode contribuir para o aprendizado de programação física ao privilegiar o desenvolvimento da criatividade e da confiança criativa. Para isso, criamos um kit de programação física (de hardware aberto), atividades e materiais de apoio à aprendizagem propícios a posturas exploratórias e ao teste de ideias.

A análise dos dados coletados na terceira fase deste estudo indica que as atividades contribuíram para o desenvolvimento do pensamento criativo dos estudantes, bem como de sua confiança criativa. Entretanto, considerando o pequeno número de participantes, novas pesquisas devem ser feitas com amostras maiores a fim de confirmar tais resultados. Além disso, dado o desenho experimental adotado, não é possível separar quais componentes que influenciaram de forma mais significativa o desenvolvimento criativo dos estudantes.

As entrevistas sugerem ainda que houve o desenvolvimento de novas perspectivas pelos estudantes ao longo do processo. No entanto, entrevistas em maior profundidade e com um maior número de estudantes poderiam contribuir para uma melhor compreensão a respeito do impacto de tais perspectivas em suas vidas, bem como dos aspectos que, em sala de aula, foram mais relevantes para o desenvolvimento criativo.

Além disso, em pesquisas futuras, seria importante compreender de forma mais aprofundada como se dá o processo criativo durante o trabalho em projetos, observando

mais atentamente as interações entre os estudantes e momentos de aprendizado relevantes para a expressão da criatividade.

Dado que o currículo proposto ofereceu uma introdução inicial ao tema, é importante, ainda, que haja uma melhor compreensão sobre como pode se dar a continuidade do trabalho com estas ferramentas no ambiente escolar. A partir do interesse despertado nos estudantes, seria relevante compreender novas estratégias para o aprofundamento em conceitos de programação física conectadas ao desenvolvimento de projetos que busquem resolver problemas reais com relevância social.

Por fim, para que um maior espaço para o trabalho com estes temas seja conquistado em aulas regulares no contexto escolar nacional, é necessário que professores e pesquisadores sigam compartilhando caminhos e estratégias adequadas à nossa realidade.

REFERÊNCIAS

- Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. *Future of Learning Group Publication*.
- Alencar, E. M. L. S. de. (2008). Barreiras à Promoção da Criatividade no Ensino Fundamental. *Psicologia: Teoria E Pesquisa*, 24(1), 59–66.
- Alencar, E. M. L. S. de, Bruno-Faria, M. de F., & Fleith, D. D. S. (2010). A medidas de criatividade: possibilidades e desafios. In E. M. L. S. de Alencar, M. de F. Bruno-Faria, & D. D. S. Fleith (Eds.), *Medidas de criatividade: teoria e prática* (pp. 11–34). Porto Alegre: Editora Artmed.
- Alencar, E. M. L. S. de, & Fleith, D. D. S. (2003). *Criatividade: múltiplas perspectivas*. Brasília: EdUnB.
- Alencar, E. M. L. S. de, & Fleith, D. de S. (2010). Criatividade na Educação Superior: Fatores Inibidores, 15(2), 201–206.
- Alencar, E. M. L. S. de, Fleith, D. de S., Boruchovitch, E., & Borges, C. N. (2015). Criatividade no Ensino Fundamental : Fatores Inibidores e Facilitadores. *Psicologia: Teoria E Pesquisa*, 31, 105–114.
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71.
- Amabile, T. M. (1989). *Growing Up Creative*. Buffalo, NY: The Creative Education Foundation Press.
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to "The Social Psychology of Creativity."* Boulder, CO: Westview Press.
- Amabile, T. M., & Fisher, C. M. (2009). Stimulate creativity by fueling passion. In E. Locke (Ed.), *Handbook of Principles of Organizational Behavior* (pp. 481–497). West Sussex, U.K.: John Wiley & Sons.
- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). *21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. OECD Education Working Papers*. h
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychology*, 37(2), 122–147.
- Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), 117–148.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents* (pp. 307–337).
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14.

- Batista, C. dos S., Silva, H. G., & Stroeymeyte, T. de S. da L. (2014). Robótica Com Arduino : Uma Proposta Pbl Freiriana No desenvolvimento de competências e habilidades. In *Simpósio Internacional de Educacao a Distancia*.
- Beghetto, R. A. (2006). Creative Self-Efficacy: Correlates in Middle and Secondary Students. *Creativity Research Journal*, 18(4), 1040–419.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2007). Toward a broader conception of creativity: A case for mini-c creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1(2), 73–79.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*, 58(3), 978–988.
- Berland, M., Martin, T., Benton, T., Petrick Smith, C., & Davis, D. (2013). Using Learning Analytics to Understand the Learning Pathways of Novice Programmers. *Journal of the Learning Sciences*, 22(4), 564–599.
- Blikstein, P. (2013). Digital Fabrication and “Making” in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors* (pp. 1–21). Bielefeld: Transcript Publishers.
- Blikstein, P. (2015). Computationally Enhanced Toolkits for Children: Historical Review and a Framework for Future Design. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 9(1), 1–68.
- Blikstein, P., Worsley, M., Piech, C., Sahami, M., Cooper, S., & Koller, D. (2014). Programming Pluralism : Using Learning Analytics to Detect Patterns in the Learning of Computer Programming. *Journal of the Learning Sciences*, (October), 37–41.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- British Computer Society Academy. (2011). *Fact Sheet , why computing education is important for the UK*.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*.
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. In E. S. T. O’Shea (Ed.), *New Directions in Educational Technology* (pp. 15–22). Springer Berlin Heidelberg.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Craft, A. (2001). An analysis of research and literature on creativity in education. *Qualifications and Curriculum Authority*, (March), 1–37.
- Cramond, B. (1999). Going beyond the scores of the Torrance Tests of Creative Thinking. In A. S. Fishkin, B. Cramond, & P. Olszewski-Kubilius (Eds.), *Investigating creativity in youth: research methods* (pp. 307–328). Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Cropley, A. (2006). In Praise of Convergent Thinking. *Creativity Research Journal*, 18(3), 391–404.
- Cropley, A. J. (2005). *Creativity in education & learning*. London: Routledge Falmer.

- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Creativity: the psychology of discovery and invention*. New York: Harper Perennial.
- Csikszentmihalyi, M. (2012). Reflections on Some Dangers to Childhood Creativity. *LEARNing Landscapes*, 6(1), 19–25.
- D'Abreu, J. V. V., & Bastos, B. L. (2015). Robótica Pedagógica e Currículo do Ensino Fundamental: Atuação em uma Escola Municipal do Projeto UCA. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*, 23(3), 56.
- David, A. P., Nakano, T., Morais, M. D. F., & Primi, R. (2011). Competências criativas no ensino superior. Criatividade no ensino superior: uma perspectiva internacional, 14-53.
- DBRC, T. D.-B. R. C. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Research*, 32(1), 5–8.
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. In J. Bellanca & R. Brandt (Eds.), *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn* (pp. 51–75). Bloomington, IN: Solution Tree Press.
- Fishkin, A. S. (1999). Issues in Studying Creativity in Youth. In A. S. Fishkin, B. Cramond, & P. Olszewski-Kubilius (Eds.), *Investigating creativity in youth: research methods* (pp. 3–26). Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Fleith, D. de S., Alencar, & Alencar, E. M. L. S. de. (2005). Escala sobre o Clima para Criatividade em Sala de Aula. *Psicologia: Teoria E Pesquisa*, 21(1), 85–91.
- Fleith, D. de S., Almeida, L. S., & Peixoto, F. (2011). Validation study of the classroom climate for creativity scale. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 28(3), 307–314.
- Gavassa, R. C., & Munhoz, G. B. (2016). Robótica e Gamificação na SME. *Campus Party*. Acessado em 29 de maio de 2016. Disponível em <http://portal.sme.prefeitura.sp.gov.br/Main/Noticia/Visualizar/PortalSMESP/Robotica-e-Gamificacao--SME-apresenta-sua-proposta-na-Campus-Party-2016>.
- Guilford, J. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/bul/53/4/267/>
- Hennessey, B. a. (1989). The effect of extrinsic constraints on children's creativity while using a computer. *Creativity Research Journal*, 2 (January 2015), 151–168. <https://doi.org/10.1080/10400418909534312>
- Hocevar, D., & Bachelor, P. (1989). A taxonomy and critique of measurements used in the study of creativity. *Handbook of Creativity*.
- INEP. (2013). *IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica*. Acessado em 29 de maio de 2016. Disponível em <http://idebescola.inep.gov.br/ideb/escola/dadosEscola/35053173#grafico-comparacao>.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. a. (2009). Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1–12.
- Kim, K. H. (2006). Can We Trust Creativity Tests? A Review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creativity Research Journal*, 18(1), 87–98.

- Lévi-Strauss, C. (1989). *O Pensamento Selvagem*. Campinas: Papirus.
- Macedo, L. de. (1994). O construtivismo e sua função educacional. In *Ensaio construtivistas*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Martinez, S. L., & Stager, G. S. (2013). *Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.
- Meador, K., Hunsaker, S. L., & Kearney, K. (1999). Qualitative Research Methods for Studying Creativity. In *Investigating creativity in youth: research methods* (pp. 239–261). Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Miranda, L. C. de, Sampaio, F. F., & Borges, J. A. dos S. (2010). RoboFácil: Especificação e Implementação de um Kit de Robótica para a Realidade Educacional Brasileira. *Revista Brasileira de Informática Na Educação*.
- Nakano, T. D. C., & Wechsler, S. M. (2006). Teste brasileiro de criatividade figural: proposta de instrumento. *Interamerican Journal of Psychology*, 40(1), 103–110.
- Papert, S. (1980a). Constructionism vs. Instructionism. Retrieved from http://www.papert.org/articles/const_inst/const_inst2.html
- Papert, S. (1980b). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. In S. Papert & I. Harel (Eds.), *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
- Petrich, M., Wilkinson, K., & Bevan, B. (2013). It Looks Like Fun, But Are They Learning? In *Design, Make, Play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp. 50–70). New York: Routledge.
- Piaget, J. (1958). The growth of logical thinking from childhood to adolescence. *AMC*, 10(12).
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 157–164.
- Piaget, J. (2002). *Epistemologia genética*. São Paulo, SP: Martins Fontes.
- Pozzebon, E., & Frigo, L. B. (2013). Robótica no Processo de Ensino e Aprendizagem. *International Conference on Interactive Computer Aided Blended Learning - ICBL 2013*, 104–107.
- Presicce, C., Rusk, N., & Resnick, M. (2017). Computational tinkering overview. Retrieved January 15, 2017, from <https://www.media.mit.edu/projects/computational-tinkering/overview/%0A>
- Renzulli, J. S. (1992). A general theory for the development of creative productivity through the pursuit of ideal acts of learning. *Gifted Child Quarterly*, 36(4), 170–182.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for All. *Communications of the ACM*, 52, 60–67.
- Resnick, M., Myers, B., Nakakoji, K., Shneiderman, B., Pausch, R., Selker, T., & Eisenberg, M. (2005).

Design Principles for Tools to Support Creative Thinking. Technical Report: NSF Workshop Report on Creativity Support Tools. Washington, DC.

- Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for Tinkerability. In *Design, Make, Play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp. 163–181). New York: Routledge.
- Resnick, M., & Silverman, B. (2005). Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids. *Proceeding of the 2005 Conference on Interaction Design and Children (IDC '05)*, 117–122. <https://doi.org/10.1145/1109540.1109556>
- Ruiz-del-Solar, J., & Avilés, R. (2004). Robotics courses for children as a motivation tool: The Chilean experience. *IEEE Transactions on Education*, 47(4), 474–480.
- Runco, M. A. (1996). Personal creativity: Definition and developmental issues. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 1996(72), 3–30.
- Runco, M. A. (1999). Appendix II: Tests of Creativity. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of Creativity* (Vol. 2, pp. 755–760). San Diego, CA: Academic Press.
- Runco, M. A. (2004). Everyone has creative potential. In *Creativity: From potential to realization*. (pp. 21–30). Washington: American Psychological Association.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: Strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59–69.
- Sadler, J., Shluzas, L., & Blikstein, P. (2016). Building blocks in creative computing: modularity increases the probability of prototyping novel ideas. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 349(FEBRUARY), 1–17.
- Scratch. (2016). Scratch Microworlds. Retrieved March 1, 2017, from <https://wiki.scratch.mit.edu/wiki/Microworlds>
- Scratch. (2017). Scratch Cards. Retrieved March 10, 2017, from <https://scratch.mit.edu/info/cards/>
- Silva, A. (2009). *RoboEduc: Uma Metodologia de Aprendizado com Robótica Educacional. Tese de Doutorado.*
- Sternberg, R. J. (2000). Identifying and developing creative giftedness. *Roeper Review*, 23(2), 60–64.
- Sternberg, R. J. (2012). The Assessment of Creativity: An Investment-Based Approach. *Creativity Research Journal*, 24(1), 3–12.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 3–15). New York: Cambridge University Press.
- The Royal Academy of Engineering. (2009). *ICT for the UK 's Future : the implications of the changing nature of Information and Communications Technology*. Retrieved from <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/ict-for-the-uks-future>
- The Royal Society. (2012). Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. *Technology*, (January), 1–122.

- Torrance, E. P. (1965). Scientific Views of Creativity and Factors Affecting Its Growth. *Daedalus*, 94(3), 663–681.
- Torrance, E. P. (1972). Can We Teach Children to Think Creatively? *The Journal of Creative Behavior*, 6(2), 114–143.
- Turkle, S., & Papert, S. (1991). Epistemological Pluralism and the Revaluation of the Concrete. In *Constructionism* (pp. 161–191). Ablex Publishing Corporation.
- UK Digital Skills Taskforce. (2014). Digital Skills for Tomorrow's World Interim Report, (July). Retrieved from [http://policy.bcs.org/sites/policy.bcs.org/files/Interim report.pdf](http://policy.bcs.org/sites/policy.bcs.org/files/Interim%20report.pdf)
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321.
- Vossoughi, S., & Bevan, B. (2014). Making and Tinkering: A Review of the Literature. *National Research Council Committee on Out of School Time STEM*, 1–55.
- Wang, J., & Agogino, A. M. (2014). Learning about Learning and Engineering: Engineers, Students, and Educators Co-Design Challenges for a Science Center. In *121st ASEE Annual Conference & Exposition*. Indianapolis, IN.
- Wechsler, S. M. (1993). *Criatividade: Descobrimos e encorajando*. Campinas: Editorial Psy.
- Wechsler, S. M. (1998). Avaliação multidimensional da criatividade: uma realidade necessária. *Psicologia Escolar E Educacional (Impresso)*, 2(2), 89–99.
- Wechsler, S. M. (2001). Criatividade na cultura brasileira: Uma década de estudos. *Psicologia: Teoria, Investigação E Prática*, 6(1), 215–226.
- Wechsler, S. M. (2004). *Avaliação da criatividade por figuras: Teste de Torrance Versão Brasileira*. Campinas: LAMP/PUC-Campinas.
- Wechsler, S. M., & Nakano, T. D. C. (2011). Criatividade no ensino superior: uma perspectiva internacional. *São Paulo: Vetor*.
- Wilkinson, K. (2016). Computational Tinkering: A Playful Approach to Constructing with Code. In *ASTC's 2016 Annual Conference (September 24-27)*.
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(March), 82–91.
- Zimmerman, B. J., & Bandura, A. (1992). Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American Educational*.

APÊNDICE

Apêndice I - Início da pesquisa e contrapartida para a escola

O início das atividades nas escolas, incluindo a coleta de dados com o uso de questionários, foi realizado após a aprovação do projeto enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (CEPH-IPUSP), aprovação da proposta de intervenção pela direção da unidade educacional e autorização da DOT da SME-SP. O parecer consubstanciado do CEPH para o projeto (CAEE nº 51425015.0.0000.5561) encontra-se no Anexo 1. Foi concedida autorização dos pais ou responsáveis legais para a participação dos estudantes na pesquisa, por meio de assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

No caso da Escola Pública, após o término da pesquisa, um conjunto de kits de programação física foi doado à escola e os resultados desta pesquisa foram apresentados e discutidos com todo o corpo docente e com a gestão escolar.

Apêndice 2 - Cartões de programação física

Acendendo um LED

Acendendo um LED

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCE CONSEGUE...

... Ligar 2 LEDs?

... Usar 2 teclas para ligar e desligar?

1A

Tocando um alarme

Tocando um alarme

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCE CONSEGUE...

... Criar um programa que desligue?

... Apitar como alarme?

1B

Piscando um LED

2A

Piscando um LED

CONECTE

CRIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCE CONSEGUE...

Piscando um LED para sempre

3A

Piscando um LED para sempre

CONECTE

CRIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

VOCE CONSEGUE...

Ligando um LED com um botão

4A

Ligando um LED com um botão

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

... Usar o botão para controlar duas luzes?

VOCE CONSEGUE...

Controlando o LED com um botão

5A

Controlando o LED com um botão

CONECTE

CREIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

... Usar o botão para controlar o alarme?

VOCE CONSEGUE...

Controlando o LED com um sensor de luminosidade

Controlando o LED com um sensor de luminosidade

CONECTE

CRIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

... Usar o laser e o sensor de luminosidade para criar um sistema de alarme?

VOCE CONSEGUIE...

6A

Girando um motor

Girando um motor

CONECTE

CRIE UM PROGRAMA

EXPERIMENTE

... Usar o botão para acionar o motor?

VOCE CONSEGUIE...

7A

ANEXOS

Anexo I - Parecer Consubstanciado do CEP

INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Programação e robótica em contextos educacionais numa abordagem pedagógica tinkering e seus impactos no desenvolvimento da criatividade e no interesse por Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (CTEM)

Pesquisador: Cassia de Oliveira Fernandez

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 51425015.0.0000.5561

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.419.868

Apresentação do Projeto:

Projeto de Pesquisa: Programação e robótica em contextos educacionais numa abordagem pedagógica tinkering e seus impactos no desenvolvimento da criatividade e no interesse por Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (CTEM)

Realizaremos atividades de programação e robótica durante o ano de 2016 em escolas da rede municipal e privada, com atividades de 1h30 semanais e duração de dez semanas. As atividades serão realizadas com duas turmas do sétimo e quarto ano do Ensino Fundamental. Na fase 1, uma das turmas participará das atividades, enquanto a outra constituirá o grupo-controle. Durante a fase 2, após a aplicação dos instrumentos de

coleta de dados, o grupo-controle participará das atividades nos moldes oferecidos ao grupo experimental na primeira fase. Aplicaremos a forma A da versão figural do Teste de Torrance do Pensamento Criativo, a Escala de Clima para Criatividade em Sala de Aula, e o Questionário STEM-CIS (para avaliação do interesse por Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática) a ambos os grupos em dois momentos distintos, separados por um

período de aproximadamente 3 meses (antes e após o término das atividades). A aplicação terá duração aproximada de 1h15 minutos, dividida em dois momentos (Teste de Torrance e

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: oeph.ip@usp.br

INSTITUTO DE PSICOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Continuação do Parecer: 1.419.868

questionários) e ocorrerá nas salas de aula da escola. De posse dos resultados de cada participante, realizaremos uma análise estatística dos escores dos índices de características criativas, do clima para criatividade, e dos interesses dos

estudantes, fazendo uma análise da correlação dos resultados do pré-teste e do pós-teste, dos grupos controle e experimental.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo primário da pesquisa é planejar e implantar atividades de robótica envolvendo programação a partir de uma abordagem que privilegia a exploração, voltadas a alunos do Ensino Fundamental II, avaliando seus impactos na criatividade e interesses dos estudantes.

Objetivo Secundário:

A pesquisa tem como objetivos secundários: (a) elaborar uma metodologia que forneça parâmetros e estratégias para implantação destas atividades no contexto brasileiro, identificando variáveis importantes para o desenvolvimento do potencial criativo; e (b) mapear qualitativamente as dificuldades envolvidas e os eventuais desdobramentos positivos das atividades, contribuindo para a discussão acerca do potencial educativo da inserção de programação e robótica nos currículos de ensino fundamental.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Segundo a resolução 466/2012 do CONEP, toda pesquisa com seres humanos envolve algum tipo de risco. Neste caso, o possível risco seria o de desconforto durante a realização das tarefas, que só ocorrerão após anuência do participante e dos responsáveis legais. Para minimizar estes riscos, garantiremos ao participante a liberdade de desistir a qualquer momento dos testes, conforme consta no Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

A aplicação destes instrumentos normalmente não causa desconforto e somente será realizada se houver concordância. Os riscos são mínimos, pois os participantes responderão às questões tendo garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação pela sua decisão. Em caso de qualquer desconforto, seu filho (ou o menor sob sua guarda) poderá interromper a atividade e será devidamente atendido.

Benefícios:

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: oeph.ip@usp.br

INSTITUTO DE PSICOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Continuação do Parecer: 1.419.868

A pesquisa visa avaliar os impactos da abordagem pedagógica proposta na criatividade e interesses dos estudantes e contribuir para uma definição mais clara de como a criatividade pode ser desenvolvida através destas práticas, trazendo subsídios para a análise de sua adoção em outros espaços educacionais.

Não há benefício direto para o participante, mas os resultados do estudo poderão fornecer dados para que possamos compreender melhor como as atividades propostas podem contribuir para o desenvolvimento da criatividade e interesses dos estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Número de participantes: 150.

Critério de Inclusão:

O critério de inclusão será: estudantes cursando o sétimo e quarto ano do Ensino Fundamental, que não tenham tido contato prévio com atividades

de programação e robótica, e que se disponham a participar da pesquisa.

Critério de Exclusão:

Estudantes que já tenham tido contato prévio com atividades de robótica e programação. Poderão participar das atividades, mas não serão considerados na análise de dados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Faltou no TCLE garantir o ressarcimento de despesas decorrentes da participação na pesquisa.

Recomendações:

Recomenda-se garantir no TCLE o ressarcimento de despesas decorrentes da participação na pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pesquisa aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_662506 E1.pdf	12/02/2016 11:57:01		Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_Piqueira_COMPL ETA.pdf	30/11/2015 10:58:29	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Declaração de Instituição e	DEMONSTRATIVO_DE_INFRA_ESTRU TURA_Piqueira.pdf	17/11/2015 10:59:04	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep@usp.br

INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.419.868

Infraestrutura	DEMONSTRATIVO_DE_INFRA_ESTRU TURA_Piqueira.pdf	17/11/2015 10:59:04	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Outros	AUSENCIA_TEMP_DE_CARTA_DE_A NUENCIA_EMEF_MAR_DEODORO.pdf	06/11/2015 19:16:27	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_TORNAR_PUBLICO.pd f	06/11/2015 19:14:48	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	06/11/2015 19:12:39	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_COMPLETO_MESTRADO.p df	06/11/2015 18:46:07	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CARTA_DE_ANUENCIA_POLI.pdf	06/11/2015 17:06:38	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CARTA_DE_ANUENCIA_IP.pdf	06/11/2015 17:06:27	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	06/11/2015 16:55:58	Cassia de Oliveira Fernandez	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 23 de Fevereiro de 2016

Assinado por:

Jose de Oliveira Siqueira
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bl. "G" sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep@usp.br

Anexo 2 - Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula

ATIVIDADE Eu e minha sala de aula

Marque com um X a resposta que se aplica a você:

Eu sou: () Menino
() Menina

Idade: _____ anos

Meu nome é: _____

O nome da minha escola é: _____

As frases que você vai ler neste questionário estão relacionadas ao que acontece em sua sala de aula. Você vai assinalar com um X o espaço que mostra melhor o que acontece em sua sala de aula. Escolha apenas um espaço para cada frase e atenção para não deixar nenhuma frase sem resposta.

Veja o exemplo abaixo:

	Nunca	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Eu participo de jogos					

Se você, muitas vezes, participa de jogos em sua sala de aula, você deverá marcar um X no espaço de muitas vezes.

	Nunca	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Eu participo de jogos				X	

Vamos começar?

Em minha sala de aula:	Nunca	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Eu procuro fazer as tarefas de maneiras diferentes					
Eu me acho criativo					
Eu uso minha imaginação					
Eu tenho muitas ideias					
Quando eu começo uma tarefa, eu gosto de terminá-la					
Eu gosto da matéria ensinada					
Eu aprendo coisas que realmente me interessam					
Eu aprendo muitas coisas					
Eu fico tão envolvido com as tarefas que eu não sei o que está acontecendo ao meu redor					
Eu tenho ideias diferentes					
Eu sinto orgulho de mim					
Eu me sinto feliz					
Eu entendo a matéria ensinada					