LUCAS TORRES DE JESUS

Engenharia e Design no Ensino Básico: como escolas brasileiras têm implementado atividades *maker* no currículo escolar

São Paulo

2022

LUCAS TORRES DE JESUS

Engenharia e Design no Ensino Básico: como escolas brasileiras têm implementado atividades *maker* no currículo escolar

Versão Corrigida

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

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Senzi Zancul

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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: _____

Catalogação-na-publicação

Jesus, Lucas Torres de
Engenharia e Design no Ensino Básico: como escolas brasileiras têm implementado atividades maker no currículo escolar / L. T. Jesus -- versão corr. -- São Paulo, 2022.
121 p.

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

1.Ensino e aprendizagem 2.Engenharia 3.Tecnologia educacional 4.Escolas I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

Nome: JESUS, Lucas Torres de

Título: Engenharia e Design no Ensino Básico: como escolas brasileiras têm implementado atividades *maker* no currículo escolar

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

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

DEDICATÓRIA

A todos os professores que insistem. Que se movem por missão de vida. Que não desistem de seus alunos. E, não cansando de renovar a confiança depositada, acabam por perpetuar através destes a paixão que os move.

Nesse contexto, a tecnologia é o novo cavalo de Tróia: o educador introduz na sala de aula ferramentas, práticas e tecnologias familiares; no entanto, embutido na familiaridade, há um potencial para mudanças conceituais e pessoais: um potencial benéfico que permeia subliminarmente a atmosfera da sala de aula, por meio de uma sequência de deslocamentos mediados pelo professor. Os alunos se apropriam da tecnologia troiana como meio autêntico para se libertar da pedagogia tradicional e podem, então, sacodir a poeira e se engajar em um aprendizado libertador, profundo e emancipatório. (BLIKSTEIN, 2016)

JESUS, Lucas Torres de. Engenharia e Design no Ensino Básico: como escolas brasileiras têm implementado atividades *maker* no currículo escolar [dissertação]. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo; 2022.

RESUMO

Atividades *maker* têm se popularizado em escolas como uma prática curricular de aprendizado por projetos a partir do uso criativo pelos alunos de diversas tecnologias, como marcenaria, eletrônica, programação, impressoras 3D e outras ferramentas de fabricação digital. Essas práticas são entendidas como uma extensão do ensino de engenharia no contexto do ensino básico, não somente pelo uso de tecnologias próprias da área, mas sobretudo por utilizarem um raciocínio projetual e uma abordagem orientada à iteração e design. Nesse sentido, como resultados esperados dessas práticas escolares, estão não somente a contribuição com um aprendizado mais experimental e interdisciplinar através de projetos criativos, mas também o desenvolvimento da competência de resolução criativa de problemas, como parte do contexto do desenvolvimento de competências socioemocionais para uma “educação do século XXI”. Como essas atividades estão na interface entre a engenharia e o processo educacional no ensino básico, apesar de bem embasadas academicamente, tais práticas carecem de casos reais e orientações para implementação. Portanto, este trabalho se propõe a analisar múltiplos estudos de casos para compor um entendimento sobre as intenções para com o projeto *maker*, resultados alcançados até então e principais fatores críticos encontrados durante a implementação, contrastando os dados com a literatura e dessa forma compilando aprendizados valiosos para outras realidades escolares que pretendam seguir o mesmo caminho.

Palavras-chave: *Makerspaces*; Competências socioemocionais; Resolução criativa de problemas; Ensino de engenharia.

JESUS, Lucas Torres de. Engineering and Design in K12 education: how brazilian schools have implemented maker activities in their main curriculum [dissertation]. São Paulo: Polytechnic School, University of São Paulo; 2022.

ABSTRACT

Maker activities have become popular in schools from the growing practice of project-based learning and the development of socio-emotional skills, using various technologies such as woodwork, electronics, programming, 3D printers and other digital fabrication tools. These practices are understood as an extension of engineering education in the context of K-12 education, not only through the use of engineering technologies, but above all because they use design thinking and an iteration oriented approach. In this sense, as expected results of these school practices are not only the contribution to more experimental and interdisciplinary learning through creative projects, but also the development of creative problem solving competence, as part of the context of developing socioemotional skills for a "21st century education". Because these activities are at the interface between engineering and the educational process in K-12 education, although well-grounded academically, such practices lack real cases and implementation guidance. Therefore, this work proposes to analyze multiple case studies to compose an understanding of the intentions towards the *maker* project, results achieved so far and main critical factors found during implementation, contrasting the data with the literature and thus compiling valuable lessons to other school that intend to follow the same path.

Key-words: Maker*spaces*; Socioemotional skills; Creative problem solving; Engineering Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O ciclo do pensamento criativo de Resnick 18
Figura 2 - Modificação da Taxonomia de Bloom para o aprendizado no século XXI. 19
Figura 3- Habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos.....26
Figura 4- Panorama de competências do século 21, segundo iniciativas globais 31
Figura 5 - Sistematização: competências para o século XXI. 32
Figura 6 - Cinco grandes competências exploradas no campo da educação básica.33
Figura 7 - Análise de diferentes carreiras, desde 1990. 36
Figura 8 - Diagrama de transição iterativa para estudantes sêniors (a), com maior nível de iteração (45,1%) e maior resultado de qualidade (0,708); e para estudantes iniciantes (b) com menor nível de iteração (19,5%) e menor qualidade final (0,375).46
Figura 9 - Materiais utilizados para o desafio e posição da filmagem para análise do processo. 47
Figura 10 - Estruturas simples resultantes do desafio. 48
Figura 11 - Principais padrões de iteratividade no processo de cada cluster. 48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Estrutura de dimensão de aprendizagem 20
Quadro 2- Roteiro inicial do levantamento de dados 55
Quadro 3 - Caracterização das escolas da amostra 60
Quadro 4 - Principais objetivos do projeto citados 61
Quadro 5 - Principais resultados alcançados até então 66
Quadro 6 - Comparação entre objetivos e resultados 68
Quadro 7 - Compilação dos fatores críticos identificados 69
Quadro 8 - Formatos de planejamento da grade curricular encontrados 72
Quadro 9 - Atores em sala de aula e formatos de planejamento da grade curricular 73
Quadro 10 - Compilação de boas práticas com os professores 76
Quadro 11 - Compilação de boas práticas sobre recursos e estruturas 81
Quadro 12 - Perfil do especialista maker, quando há 83
Quadro 13 - Compilação de boas práticas sobre engajamento das famílias 86
Quadro 14 - Padrão de combinação entre variáveis observados 87
Quadro 15 - Compilação dos fatores críticos de sucesso para implementação 89
Quadro 16 - Síntese da pesquisa: principais resultados, conquistas e evoluções mapeadas 96
Quadro 17 - Síntese da pesquisa: principais evoluções mapeadas 101

SUMÁRIO

RESUMO **7**

1. INTRODUÇÃO **13**

1.1 Justificativa 13

1.2 Objetivos 14

1.3 Organização do trabalho 15

2. REVISÃO DA LITERATURA **16**

2.1 Makerspaces escolares: prática e benefícios esperados 16

2.1.1 Conceito 16

2.1.2 A prática de atividades maker em escolas 22

2.1.3 Benefícios para o aluno 27

2.1.4 Formas de avaliação do aprendizado 29

2.1.5 Síntese: makerspaces escolares 30

2.2 Competências socioemocionais 31

2.2.1 Síntese: Competências socioemocionais 39

2.3 Resolução criativa de problemas 40

2.3.1 Síntese: Resolução Criativa de Problemas 51

2.4 Síntese da revisão bibliográfica 52

3. MÉTODO DE PESQUISA **54**

3.1 Questão da pesquisa 54

3.2 Parâmetros dos casos a serem estudados 55

3.3 Questões de análise 56

3.4 Planejamento da captação dos dados 56

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **59**

4.1 Caracterização da amostra de dados 59

4.2 Objetivos e resultados 61

4.2.1 Objetivos do projeto 61

4.2.2 Resultados alcançados até então 67

4.2.3 Análise comparativa: intenções e resultados 69

4.3 Fatores críticos de Implementação 71

4.3.1 Planejamento da grade curricular e professores responsáveis 71

4.3.2 Engajamento e formação continuada de professores 78
4.3.3 Recursos e estruturas de apoio 83
4.3.4 Engajamento da comunidade de pais 89
4.3.5 Gestão do projeto 90
4.3.6 Compilação dos fatores críticos de sucesso e recomendações 93
4.4 Discussão e síntese 95

5. CONCLUSÃO 103
5.1 Limitações 104
5.2 Trabalhos futuros 105

REFERÊNCIAS 107

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A crescente popularidade de espaços de criação e tecnologia em escolas, conhecidos como *makerspaces* escolares, aponta para um movimento de "democratização da invenção" (BLINKSTEIN, 2013), ao trazer elementos de engenharia e design para o cotidiano do ensino básico. Nesses espaços, alunos de diversas idades usam diferentes tecnologias para criação, como fabricação digital, eletrônica, programação ou objetos simples de prototipagem e materialização de ideias, sendo colocadas no papel de protagonistas de seu próprio aprendizado, conforme preceitos do construcionismo (PAPERT, 1991).

As atividades realizadas nesses espaços são diversas, tendo a principal característica de partirem de questões abertas, como desafios *open-ended* ou com *wicked problems* (IVERSEN et al., 2016) em vez de roteiros guiados de montagem ou construção, o que demanda uma lógica de aprendizado não necessariamente já dominada no dia a dia escolar. Apesar de esses espaços serem influenciados pelo contexto da engenharia, eles se diferem de *FabLabs* ou *Hackerspaces* ao proporem uma democratização do acesso à tecnologia e acolherem alunos de todos os perfis, em vez de promoverem um grupo de estudantes de aprofundamento em tecnologia e já com alta autonomia e motivação intrínseca (BLINKSTEIN, 2016).

Os benefícios de espaços *maker* são geralmente atrelados ao maior contato dos alunos com as disciplinas de STEM (acrônimo para *Science, Technology, Engineering and Math*), ao exporem os alunos a esses conceitos de forma mais engajante e experimental (BEVAN, 2017), tendo também ganhos de retenção de conteúdo (SCHEINER; BLINKSTEIN, 2015), de mudança de auto-percepção e identidade (WORSLEY; BLINKSTEIN, 2012), aumentando a facilidade com o uso de tecnologias (BLINKSTEIN, 2017) ou ampliando o entendimento sobre design (CHRISTENSEN et al., 2016).

Atividades *maker* também são vistas com um olhar mais amplo do que disciplinas de exatas: Vossoughi e Bevan (2014) apontam para a abordagem de *inquiry-based learning*, em que diferentes conhecimentos são construídos a partir da curiosidade e questões despertadas pelo aluno, enquanto Schneider e Blinkstein

(2016) apontam que alunos podem reter quase 30% a mais de conteúdos se forem expostos a uma abordagem experimental antes de uma abordagem teórica.

Porém, além dos resultados imediatos de aprendizagem escolar proporcionados por *makerspaces* escolares, a literatura também aponta para o benefício do desenvolvimento de habilidades ligadas à criatividade e empreendedorismo. Clapp et al. (2016) enfatiza que a grande contribuição de atividades *maker* é o que define como "*maker empowerment*", ou senso de *agency*, em que o aluno, desenvolvendo a ideia de que pode consertar seus próprios objetos e criar outros conforme desafios encontrados, acaba desenvolvendo uma mentalidade de protagonista e editor do mundo ao seu redor, interferindo em problemas sociais e problemáticas mais complexas. Nesse sentido, Resnick (2013) valoriza o processo de experimentação e construção iterativa ao invés de um processo *top-down* de planejamento, cálculo e execução, contribuindo para que os alunos desenvolvam uma abordagem de adaptação, improviso e de iteração, necessária diante de um mundo em constante transformação.

Essas habilidades, geralmente atreladas ao processo de resolução de problemas pelo design (RYOO et al., 2015), representam a extensão do ensino de engenharia no ensino básico - não apenas simbolizando o contato dos alunos com tecnologias diversas, mas, sobretudo, o estímulo ao desenvolvimento de uma capacidade de resolução criativa de problemas (SMITH; IVERSEN; HJORTH, 2015).

1.2 Objetivos

Tendo o departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo desenvolvido trabalhos anteriores sobre o ensino de engenharia a partir do uso de ambientes de prototipagem, em pesquisas (ZANCUL et al., 2017; ZANCUL et al., 2016; ZANCUL et al., 2015; LEAL et al., 2020; FERNANDEZ et al., 2017; COUTINHO et al., 2017) e práticas como o InovaLab@POLI, um *makerspace* de uso de alunos e professores, este trabalho extende o mesmo olhar para o ensino básico.

Ao mesmo tempo, a crescente popularização de *makerspaces* em escolas brasileiras, públicas e particulares, tem demandado, além de uma estruturação teórica a respeito, boas práticas e métodos de implementação de atividades

relacionadas ao ensino de engenharia em um contexto até então distante da engenharia em si.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo geral compreender melhor o fenômeno de *makerspaces* escolares, sobretudo a partir da ótica do ensino de engenharia, e – como objetivo específico – analisar a implementação dessa prática no dia a dia escolar.

1.3 Organização do trabalho

Na revisão da literatura, pretende-se mapear a literatura atual sobre *makerspaces* escolares, abordando tanto aspectos educacionais quanto relacionados ao ensino de engenharia. Nesse capítulo, o pesquisador Paulo Blikstein (BLIKSTEIN, 2016) será referenciado como uma das principais contribuições do estudo, por ser referência justamente na interface entre a engenharia e o ensino básico.

Na primeira seção da revisão, "m*akerspaces* escolares: prática e benefícios esperados", mapeia-se o que é chamado de cultura *maker* e sua aplicação como ferramenta de aprendizagem, explorando o que caracteriza esse tipo de atividade em escolas e os resultados de aprendizagem esperados para os alunos.

Na segunda seção, "competências socioemocionais", busca-se um aprofundamento na literatura educacional para compreender como acontece o desenvolvimento de competências "não-acadêmicas" no contexto escolar, entendendo que atividades *maker* têm grande oportunidade de contribuição nesse sentido. Com isso, espera-se levantar mais insumos, do ponto de vista educacional, para justificar práticas de engenharia no contexto do ensino básico.

Na terceira seção, "resolução criativa de problemas", busca-se na literatura próxima do ensino de engenharia insumos específicos para compreender a contribuição específica de atividades *maker* em escolas, como parte de ações diversas que tentam promover as competências mapeadas na seção anterior.

Em seguida, descreve-se o método utilizado no trabalho, um múltiplo estudo de caso, escolhido para analisar em detalhe os objetivos, resultados e fatores

críticos de implementação de atividades *maker* em algumas diferentes escolas de ensino básico brasileiras.

Na compilação dos resultados finais e conclusão, busca-se contrastar os dados encontrados com a literatura e sistematizar os principais achados e aprendizados das escolas analisadas, além de evoluções mapeadas, que podem ser informações valiosas para outras realidades escolares.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Makerspaces* escolares: prática e benefícios esperados

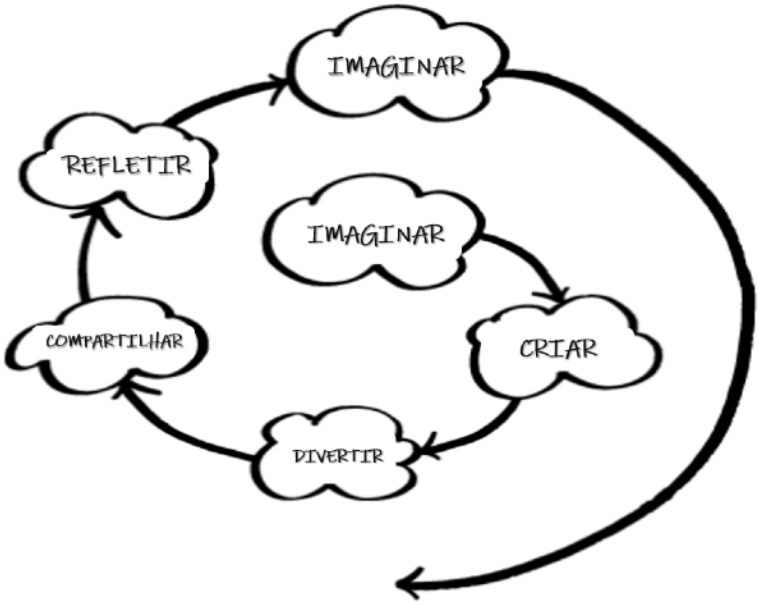
2.1.1 Conceito

Nessa primeira subseção, busca-se compreender o que são atividades maker e como é o processo de aprendizagem a partir dessas práticas.

Makerspaces escolares têm se popularizado a partir da absorção de elementos de engenharia em sala de aula, além de encontrarem uma ampla teoria educacional que celebra o uso de tecnologia criativa como ferramenta de aprendizagem. De fato, Blinkstein (2016) faz uma revisão bibliográfica ancorando o trabalho com fabricação digital e outras ferramentas como uma expressão do conceito do “construcionismo”, cunhado por Seymour Papert para designar a construção de conhecimento a partir da manipulação e intervenção de objetos e tecnologias, bem como o trabalho do educador brasileiro Paulo Freire, entendendo os contextos *open-ended* de *makerspaces* como centro de um processo de humanização e emancipação do aluno, ao lhe permitir oportunidades de trabalhar e criar sob problemáticas reais e significativas para si mesmo e sua comunidade.

Picard et al. (2004) vêem esse processo de humanização como a possibilidade de engajamento do aluno em um aprendizado significativo e “afetivo”, enquanto Resnick (2007) ressalta a dimensão criativa desse tipo de atividade como um motor de desenvolvimento pessoal perene, inspirando-se em como crianças aprendem no jardim de infância a partir de um ciclo com cinco etapas, conforme a Figura 1.

Figura 1 - O ciclo do pensamento criativo de Resnick

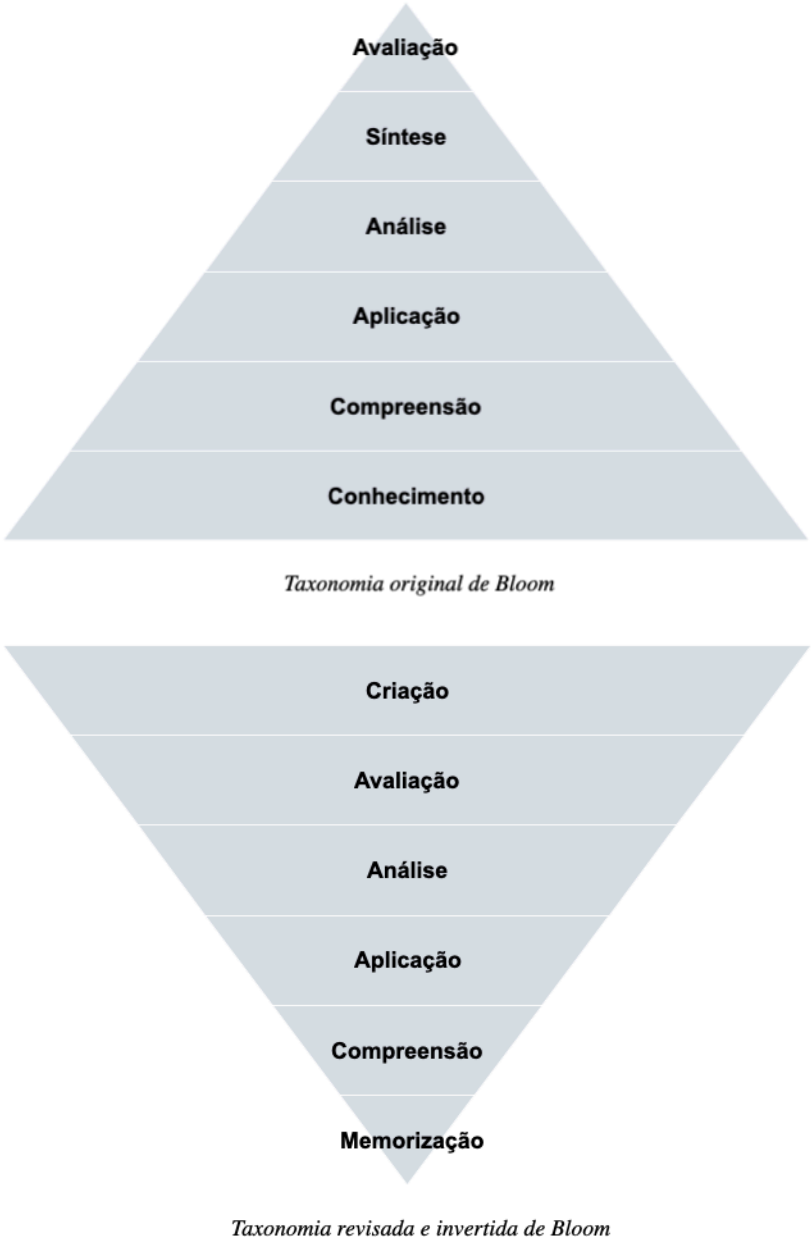


Fonte: adaptado de Resnick (2007).

O ciclo indica uma mentalidade iterativa de aprendizagem, baseado na experimentação e criação. O autor reflete sobre como uma criança aprende a andar ou aprende sobre o mundo ao seu redor de forma exploratória em sua infância e propõe que o processo de construção de invenções em *makerspaces* escolares seja um meio de construção de conhecimento por meio da experimentação. Esse entendimento levou à origem da criação de tecnologias próprias para suportar o processo experimental com tecnologias criativas, como a plataforma de ensino de programação para crianças *Scratch* (RESNICK, 2009), ou a plataforma de ensino de robótica educacional Lego Mindstorms (MARTIN et al., 2000).

Norgaard e Paaskesen (2016) ressaltam o processo de educação *open-ended* como sendo o centro de o que chamam de educação para o século XXI, com o conceito de tecnologias, projetos e instituições *open-ended*, colocando o ato da criação como a expressão mais importante do processo educacional. Ao revisitar a taxonomia de Bloom, *framework* educacional para hierarquizar os graus mais avançados de aprendizado (Figura 2), os autores sugerem que o ato criativo do aluno é o entendimento máximo de seu processo de aprendizado e articulação do saber, em vez de somente o entendimento e capacidade de avaliar seu conhecimento acadêmico em contextos diferentes.

Figura 2 - Modificação da Taxonomia de Bloom para o aprendizado no século XXI.



Fonte: adaptado de Norgaard e Paaskesen (2016).

Nesse sentido, Chu et al. (2017) analisa os *makerspaces* e sua prática pouco instrucional como fundamentais para o engajamento dos alunos, caracterizando-os inclusive como espaços que devem ser sempre divertidos para os alunos ao incentivarem um processo de experimentação e aguçar a curiosidade e imaginação, ao mesmo tempo que permite um sentimento de missão cumprida e de compartilhamento com colegas.

Petrich, Wilkinson e Bevan (2013) avaliam o processo de aprendizado em *makerspaces* escolares a partir de um processo de resolução de problemas. Quando o aluno está construindo algo a partir de uma temática proposta, está lidando automaticamente com o seu limite de conhecimento sobre os fenômenos postos na situação e, ao se deparar com um problema e se esforçar para testar diferentes caminhos para sua resolução, acaba construindo novos conhecimentos sobre possibilidades e o funcionamento dos fenômenos envolvidos. Como proposta de tangibilização do processo de aprendizado, Gutwill, Hido e Sindorf (2015) levantam uma lista de “evidências de aprendizado”, entendendo que sempre há aprendizado quando os alunos demonstram sinais de engajamento na atividade, intencionalidade em sua criação, interação social e desenvolvimento de uma compreensão maior sobre o processo.

Quadro 1- Estrutura de dimensão de aprendizagem

Dimensão de Aprendizagem	Indicadores	Descrição das interações dos alunos
Comprometimento	Gastar tempo em atividades de conserto	Jogando, imaginando, fazendo, explorando materiais, tentando algo diferente
	Exibir motivação através de afeto ou comportamento	Demonstrando emoções como alegria, orgulho, desapontamento ou frustração; permanecendo depois do protótipo parecer "finalizado" e começando algo novo
	Definir o próprio objetivo	Estabelecendo objetivos; planejando passos ou ações futuras Desenvolvendo estratégias únicas; afirmando intenção de continuar trabalhando fora do estúdio
Iniciativa e intencionalidade	Buscar e responder ao *feedback*	Buscando ativamente *feedback* ou inspiração em materiais ou no ambiente Antecipando futuros resultados Refazendo estratégia após resposta ao *feedback*
	Persistir diante dos problemas encontrados	Persistindo em direção ao objetivo apesar de contratempos ou frustrando-se com um problema Persistindo para otimizar estratégias ou soluções
	Assumir riscos ou demonstrar coragem	Discordando de outras estratégias, soluções ou justificativas Tentando algo enquanto indica falta de confiança no resultado
Conexão social	Solicitar ou oferecer ajuda na resolução de problemas	Solicitando ou oferecendo ideias e abordagens Oferecendo ferramenta(s) ou materiais a outros
	Inspirar novas ideias ou abordagens	Percebendo, apontando ou falando sobre o trabalho dos outros Sugerindo novas abordagens a partir de ideias ou estratégias de outros
	Conectar-se fisicamente com o trabalho de outros	Produzindo trabalho que fisicamente interage com o trabalho dos demais

Quadro 1 – Continuação

Conexão social	Expressar uma realização através de afeto ou expressões	Oferecer ou refinar explicações para uma estratégia, ferramenta ou resultado, possivelmente testando mais de uma vez
Desenvolvimento da compreensão	Aplicar conhecimentos	Conectando-se ao conhecimento prévio, incluindo conceitos STEM Empregando o que foi aprendido durante os ajustes Complexificando ao se envolver cada vez mais com um desafio Trabalho se tornando mais complexo e sofisticado
	Esforçar-se para entender os efeitos observáveis e possíveis causas	Indicando não saber (por exemplo, através de surpresa, perplexidade, confusão) Permanecendo no espaço do problema para explorar a dúvida e construir uma compreensão sobre o fenômeno observável

Fonte: adaptado de Gutwill, Hido e Sindorf (2015)

Oates (2015) utiliza a o Quadro 1 para uma análise de como crianças aprendem em atividades *maker* no contexto de um museu americano, utilizando gravações de vídeo e entrevistas com alunos e responsáveis para observar essas evidências de aprendizado. Bevan et al. (2015) fizeram modificações e também aplicam o estudo indicado, analisando sua aplicabilidade no estudo de atividades extracurriculares em um museu de ciência.

De fato, Blikstein e Krannich (2013), fazendo uma análise histórica do surgimento e popularização de *makerspaces* escolares nos Estados Unidos (EUA), associam essas atividades a elementos das antigas aulas práticas em que as crianças aprendiam diferentes técnicas em oficinas, como costura, mecânica de máquinas ou marcenaria. Muito associado a um ensino puramente técnico, essa abordagem é colocada em segundo plano frente à valorização do saber acadêmico e do método científico em si. Defendendo a formação de um “engenheiro resolvedor de problemas” em detrimento de um padrão de formação atual do “engenheiro

cientista”, focado apenas no conhecimento teórico de conceitos, os autores veem atividades de engenharia e design no ensino básico como uma oportunidade de retomar antigas técnicas e práticas de oficina como um novo contexto para uma aprendizagem mais significativa e atrelada à mentalidade de ler e atuar em problemas reais ao seu redor.

2.1.2 A prática de atividades maker em escolas

Nesta subseção, busca-se descrever aspectos de implementação e casos de atividades *maker* no contexto escolar.

Do ponto de vista da facilitação dessas atividades, há uma ruptura para com o modelo de sala de aula tradicional. Em um estudo de caso sobre formação de professores para liderarem grupos de alunos em atividades de experimentação em *makerspaces* escolares, Tesconi e Arias (2015) levantam três problemáticas: (I) *Emotional Management*: tanto do professor em segurar sua ansiedade e possibilidade de frustração ao dar uma "aula que não deu certo" ou que os alunos não conseguiram chegar ao produto final; quanto de prepará-los para acompanhar o processo criativo dos alunos, suportando a possível frustração dos alunos; (II) *Inquiry Based Learning*: a necessidade de aumentar a autonomia do próprio professor em buscar conhecimento, experimentar e buscar informações com seus pares, em vez de receber informações já prontas em um treinamento técnico; e (III) Documentação: por muitas vezes ser vista como forma de controlar e tirar a autonomia do professor, a documentação de processos no dia a dia das atividades geralmente não está presente na prática docente e deveria contribuir para uma cultura de aprendizagem pelo processo de criação, e não apenas focada no “resultado final” ou na nota de uma avaliação.

Ainda sobre a forma de facilitação e formação de professores para essa perspectiva de educar, Blikstein (2012) tenta desmitificar o mito do “mau aluno” no Brasil, que apresenta um baixo nível de engajamento na escola, crescente índice de evasão e índices baixos de desempenho em testes nacionais e internacionais, defendendo a mudança de ponto de vista para o entendimento de um “mau sistema”, que não propõe situações abertas e problemáticas que de fato envolvem os alunos a se engajarem com a realidade ao seu redor e quererem editá-la.

Visto como uma forma de despertar a pró-atividade dos alunos, atividades de engenharia e design em *makerspaces* escolares por hora também são aproximadas do conceito de *Inquiry Based Learning*, definido por Ismail, Elias e Abu (2007) como uma mistura entre o processo de design para resolução de um problema com o método científico de validação de hipóteses. Dessa forma, ao se engajar com uma situação-problema e entrar em um processo de criação, o aluno se depara com novas hipóteses e novas perguntas, que movem seu processo de aprendizado e a nova iteração de seu processo de construção, sendo solidificado a cada passo do projeto alguns conhecimentos.

Esses estudos valorizam um aspecto de *makerspaces* escolares que vai além do contato com tecnologias em si e que por vezes inclusive ressalta a não-tecnologia, enfatizando o processo criativo de experimentação manual com materiais de prototipagem simples. A esse processo, Bevan, Petrich e Wilkinson (2015) se apropriam do termo *Tinkering*, como um processo de experimentação e de tentativa e erro, muitas vezes sem uma intenção específica, mas que reforça uma mentalidade iterativa e é fundamental para projetos mais complexos.

Vossoughi et al. (2013) defende que o processo de aprendizado pela experimentação, abordado anteriormente por Resnick (2007), se distancia do processo tradicional da engenharia ou do design à medida que não há uma estruturação inicial do processo a ser percorrido e que o processo de abordagem dos alunos é mais caótico e livre, sendo bastante experimental e com uma alta liberdade de escolha dos alunos sobre quais projetos querem se dedicar. O autor ainda reflete sobre equidade nessas atividades, enfatizando a necessidade de que sejam facilitadas de forma a incluir todos os alunos, ainda os que se identificam pouco com as temáticas de engenharia e ciências. Esse conceito de aprendizado se aproxima do que é celebrado na educação básica como a abordagem de aprendizado de Reggio Emilia, famoso pelo método de aprendizado altamente experimental e criativo no ensino infantil (GALLOWAY, 2015).

Do ponto de vista da aproximação de elementos de engenharia em atividades em *makerspaces* escolares, Alimisis (2013) analisa a introdução do ensino de robótica na educação básica nas ultimas décadas, enfatizando a adesão de muitos alunos e o acesso a conceitos de tecnologia, destacando críticas e novas sugestões:

1) necessidade de trabalhar sobre temáticas amplas e não apenas desafios técnicos; 2) projetos que combinam engenharia e artes; 3) estimular mais a contextualização das atividades; 4) organização de exibições, em vez de apenas competições; e 5) basear-se em diferentes ferramentas e menos kits educacionais prontos, como “caixas pretas”. Por fim, analisando *makerspaces* escolares como uma ampliação e extensão da missão da robótica educacional, de usar elementos de engenharia para o processo de aprendizado, o autor conclui que esses aprendizados podem ser relevantes para a introdução de novas ferramentas tecnológicas em escolas.

Com uma perspectiva de ensino de ciência da computação e engenharia no ensino superior por meio de *makerspaces* e atividades práticas, Charlton e Avramide (2016) levanta três aspectos-chave para o sucesso educacional dessas atividades: 1) Projetos multidisciplinares; 2) Alta necessidade de colaboração entre grupos; e 3) Atividades focadas em problemas, estimulando a capacidade de análise de escopo e criação de abordagens de solução. Os autores criam parâmetros de avaliação para cada um desses aspectos-chave e analisam gravações de audio e vídeo das atividades dos alunos, além de observação do processo utilizado para criar formatos de avaliação e sugerir esses três aspectos-chave como guias para a criação de atividades em *makerspaces.*

Seguindo esses três princípios, Mckay, Banks e Wallac (2016) analisam o estudo de caso de um projeto de engenharia conduzido com alunos de ensino básico, em que a problemática era a construção de um pequeno abrigo nas dependências da escola para uso dos alunos. Para isso, eles precisaram, além de desenvolver competências técnicas e de projeto, usar um processo altamente colaborativo para acionar conhecimentos fora da escola e entre os grupos participantes em um projeto multidisciplinar. Analisando projetos similares, Stephen, Locke e Bracey (2014) criaram um formato participativo, com alunos e professores, de projetar um *makerspace*, em termos de ferramentas necessárias e *layout* do espaço a partir da dinâmica que esses ‘novos projetos’ trouxeram às aulas.

Em termos de ferramentas, a fabricação digital é apontada como um habilitador de novas dinâmicas de projeto. Gershenfeld (2012) analisa o histórico do acesso a ferramentas de engenharia e defende a popularização dos *Fab Labs*,

espaços que promovem uma “democratização da tecnologia e da engenharia”. Stickel (2015) documenta um estudo de caso de utilização de impressoras 3D com crianças marginalizadas em campos de refugiados, analisando como o processo da fabricação personalizada poderia ajudar no processo de auto-expressão e reconstrução de identidade, por exemplo ao modelar e imprimir um projeto de uma nova casa para sua família. Além de serem atividades engajantes para crianças, o autor defende a oportunidade de individualização do aprendizado ao propor atividades abertas, a colaboração entre alunos e uma maior auto-motivação no contexto escolar.

Como duas tendências citadas mas pouco exploradas na literatura, Hossain (2016) aponta espaços avançados de engenharia e ciências disponíveis via internet para alunos, chamados de “*cloud labs*”, que podem ser acessados em tempo real ou não para realização de experimentos sofisticados ou processos complexos de fabricação; enquanto que Santana et al. (2016) e Raabe, Santana e Burd (2016) refletem sobre materiais e ferramentas de aprendizagem criativa baratas e reproduzíveis, levantando o estudo de caso brasileiro da criação de um laboratório *maker* móvel.

Por fim, Christensen e Iversen (2016) defendem a introdução de um letramento de design na educação básico, que combina a aprendizagem técnica de fabricação digital com a mentalidade próxima do que os autores definem como “*hacker*”. Nesse sentido, o *hacker* é definido como uma pessoa impulsionada pelos seus interesses e paixões que, tendo liberdade de escolher em que projetos atuar, envolve-se em atividades de criação que o engajam e que têm algum impacto relevante no contexto ao seu redor. Dessa forma, o contato com fabricação digital e esse letramento de design deveria fomentar nos alunos habilidades como: criatividade, auto-descobertas e interesses, senso de liberdade, envolvimento em projetos, abertura ao diferente, engajamento social e senso de propósito. A Figura 3, a seguir, exemplifica as habilidades defendidas por essa mentalidade.

Figura 3- Habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos

Fonte: adaptado de Christensen e Iversen (2016).

Worsley e Blikstein (2012) analisam o efeito de atividades de engenharia e design em alunos em termos de mudança de percepção de sua identidade para com essas ciências. Os autores fizeram uma análise qualitativa com 12 alunos e analisam a mudança de seu interesse e engajamento em atividades de construção e baseadas em projetos, com características do já abordado conceito do construcionismo, e evidenciam mudanças no discurso quanto ao autorreconhecimento sobre habilidades de saber resolver problemas e escrever códigos de computadores.

Por fim, Soster (2020) faz uma análise teórica e de práticas de atividades *makers* em ambientes escolares no Brasil e EUA, concluindo que “a educação Maker está em construção e, portanto, ainda apresenta resultados pedagógicos de aprendizagem aquém de sua teoria, especialmente no que diz respeito à formação crítica de sujeitos e integração da prática Maker com todas as áreas de conhecimentos”. A visão limitada para as áreas de STEM e o foco na autonomia do aluno apenas ao contexto das atividades escolares limitariam a potencialidade dessa

prática, reforçando o escopo teórico que apresenta benefícios aos alunos para além dos conteúdos acadêmicos ou dos conhecimentos ligados à engenharia e design.

2.1.3 Benefícios para o aluno

Por fim, para uma síntese quanto aos resultados observados nessas atividades com os alunos, a literatura aponta uma ampla gama de novas competências como benefício de atividades *maker* em escolas para complementar a formação acadêmica.

Krishnamurthi et al. (2013) analisa as atividades extracurriculares, conhecidas no contexto *maker* americano como "*afterschools*"[1], como um contexto de observação e traz uma lista de resultados, indicadores e subindicadores de aprendizagem:

1) Desenvolvimento de uma proximidade e interesse com a área de STEM, acrônimo em inglês para as áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, em um auto-senso de "eu gosto disso". Os indicadores deste resultado para o aluno incluem o aumento da curiosidade sobre conceitos e práticas desses campos e o engajamento em atividades antes classificadas como "muito complexas", o que acaba impactando o engajamento e aprendizado escolar em temas dessas áreas;

2) Desenvolvimento de uma capacidade de lidar com problemas próprios das áreas de STEM, em uma mentalidade de "eu posso fazer isso". Os indicadores aqui são a capacidade do aluno em entender e usar um processo investigativo para entender os fenômenos e contextos ao seu redor, usando habilidades de STEM para resolver problemas, como trabalhar em grupo e técnicas de construção e projeto, além de uma mentalidade de resolução de problemas;

3) Desenvolvimento de uma valorização da área de STEM, em um senso de "isso é importante para mim". Os indicadores aqui são um entendimento do valor das temáticas STEM na sociedade, tanto quanto a resolução de problemas do dia a dia quanto para um desenvolvimento sustentável e de

[1] no contexto brasileiro, são atividades complementares ao currículo escolar, que não fazem parte da vida escolar obrigatória do aluno, realizadas por adesão em locais específicos (escolas de contra-turno) ou na própria escola, no período oposto às atividades curriculares.

longo prazo; e uma consciência das carreiras ligadas a STEM, entendendo habilidades e possibilidades dentro dessa possibilidade para seu futuro profissional.

De uma forma mais ampla, Wardrip e Brahms (2015) descreve os aprendizados observados em atividades *maker* escolares em sete itens: *Inquire* (abertura e curiosidade para explorar possibilidades de materiais e soluções); *Tinker* (maneira lúdica e experimental de testar ferramentas, materiais e processos); *Share Resources* (compartilhamento de aprendizados e materiais com seus pares); *Hack & Repurpose* (entendimento sobre sistemas com uma mentalidade de reaproveitar e modificar materiais e processos para seu objetivo final); *Express Intention* (auto-descoberta sobre gostos e identidade, que subsidia o envolvimento em projetos de curto e longo prazo); *Develop Fluency* (refinamento de técnicas para lidar com diferentes ferramentas e materiais) e *Simplify to Complexify* (entendimento de como diferentes partes de um sistema funcionam entre si para compor novos significados).

Vossoughi e Bevan (2014) fazem uma revisão de literatura sobre o contexto de *makerspaces* educacionais e chegam a três grandes contribuições que a literatura levantada aponta, em termos de principais benefícios para o aluno: 1) Desenvolvimento de um senso de empreendedorismo e estímulo à criatividade; 2) Foco em STEM e desenvolvimento de habilidades e interesse relacionados a essas áreas; 3) Aprendizado acadêmico, de disciplinas não relacionadas a STEM, estimuladas por um aprendizado experimental e baseado em projetos.

Por fim, Clapp e colaboradores (2016) fazem um estudo ao longo de três anos em diferentes *makerspaces* escolares americanos em busca dos principais aprendizados que essa temática tem trazido aos alunos, buscando entender o residual de aprendizado após um período de grande disseminação midiática desses conceitos. Os autores chegam a também três grandes contribuições:

4) Os alunos se beneficiam de um letramento tecnológico, próximo das habilidades ligadas a STEM em outros autores, conseguindo lidar com novas ferramentas digitais e manuais;

5) Os alunos conseguem aprender melhor conceitos acadêmicos quando estão mais engajados e conseguem enxergar conceitos de forma mais

tangível e experimental, próximos dos conceitos de *Project Based Learning* e *Inquiry Based Learning* já levantados por outros autores;

6) Ainda mais forte que os outros dois primeiros elementos, os autores levantam um “empoderamento pelo design”, se traduzindo na capacidade do aluno entender que ele pode modificar o mundo ao seu redor. Esse senso, próximo à capacidade de resolução de problemas e uma auto-consciência que o empodera, seria desenvolvido através da constante superação de desafios em projetos diversos que os alunos decidiram se engajar.

2.1.4 Formas de avaliação do aprendizado

Porém, além de serem atribuídas a benefícios educacionais muito diversos, atividades em *makerspaces* escolares carecem de formas de avaliação para comprovar e acompanhar resultados educacionais diretamente nos alunos.

Lee e Fields (2013) fizeram uma análise qualitativa sobre o desenvolvimento de habilidades ligadas a engenharia em um curso de *crafts* e eletrônica no ensino superior, avaliando as modificações que os alunos fizeram em códigos de programação e artefatos eletrônicos entregues em mal funcionamento, tentando avaliar tanto competências técnicas quanto o pensamento de design. Nesse sentido, Piech et al. (2012) estudam o processo de aprendizado de programação de computadores, avaliando a evolução dos alunos a partir de uma IDE (ambiente de programação) própria que captura imagens automaticamente com certa frequência, fornecendo uma análise evolutiva dos alunos e preditiva quanto à performance futura de cada aluno na disciplina.

Christensen et al. (2016) propõe um letramento de design como disciplina essencial na educação básica, propondo também a formulação de uma maneira de avaliação a Design *Literacy* (DeL) *Assesment Tool*, que propõe questões abertas aos alunos para analisar seu entendimento sobre abordagem de resolução e problemas e propõe uma classificação em três opções por dois educadores (com discussão se houver divergência). Nessa mesma linha, Stupple (2017) propõe uma análise qualitativa sobre o aprendizado da competência de pensamento crítico, com um *framework* de expectativas de aprendizagem e questões abertas para análise subjetiva.

Fitton, Read e Dempsey (2015) avaliam o conteúdo técnico aprendido e engajamento em tarefas que possuem sequências diferentes entre *Make*; Design e Design; Make, concluindo que o processo "*Make and Design after*" leva a um melhor entendimento dos requisitos técnicos de uma solução, para depois melhor imaginá-la em uma solução, em termos de viabilidade, tamanho e requisitos.

De forma alternativa, Strunk e Willis (2017) sugerem um caminho pela literatura recente de *badges* para avaliação e validação de conhecimentos, pouco explorada no campo de *makerspaces* escolares. No estudo, os autores defendem o conceito por dois motivos: (I) refletem habilidades específicas e "pedaços de conhecimento" em comparação com certificados de cursos, muito amplos; (II) têm um conceito aberto, em que qualquer um pode ajudar a fornecer um *badge* a outro da comunidade, desde que haja uma "evidência de aprendizado" associada àquela *badge*, como um vídeo de documentação, um *post* no *Instructables* ou um registro conceitual.

Por fim, a literatura aponta esforços recentes em avaliar de forma mais quantitativa o resultado do aprendizado em *makerspaces* escolares, tratando muitos dados de entrada e identificando padrões de comportamento que indicam tanto o engajamento quanto o desenvolvimento de habilidades pelos alunos. Nesse sentido, Berland, Baker e Blikstein (2014) fazem uma análise teórica sobre práticas de *Educational Data Mining* (EDM) para medir aprendizado em atividades construcionistas, criando um modelo de comportamento e analisando o processo para inferir informações. Outras referências são uma revisão de literatura de técnicas similares por Blikstein (2011) e novos estudos pelo mesmo pesquisador em Blikstein (2014), ao analisar e categorizar computacionalmente o processo de design para resolução de um desafio em alunos, e Blikstein (2013), ao analisar o movimentos dos alunos durante atividades *maker*, capturados por Kinect e outros sensores de movimento.

2.1.5 Síntese: makerspaces escolares

A partir desta primeira seção, pode-se concluir que a prática de atividades *maker* se utiliza de diversos elementos do ensino de engenharia, quanto ao uso de tecnologias de criação e quanto à abordagem de resolução de problemas, ao

mesmo tempo que é bem embasada teoricamente em processos modernos de aprendizagem para ensino básico.

A literatura de *makerspaces* escolares, como registrado, cita diversas vezes os benefícios das práticas *maker* para o desenvolvimento de competências, dentro de um escopo maior da literatura em termos de novas habilidades necessárias para a realização pessoal e profissional das crianças e adolescentes no contexto do século XXI.

Na seção seguinte, busca-se aprofundar na literatura educacional a respeito do desenvolvimento de competências para melhor entendermos como o ensino de engenharia no ensino básico pode contribuir com esse movimento.

2.2 Competências socioemocionais

O Relatório Delors (UNESCO, 1996) marca em um contexto global uma mudança de discurso educacional, apontando novos desafios para a formação dos alunos ao modelar um sistema educacional em quatro pilares: (I) Aprender a Conhecer; (II) Aprender a Fazer; (III) Aprender a Ser e (IV) Aprender a Conviver.

A partir dessa perspectiva, que evidencia o papel de educadores e educandos de construir conhecimento, experiências e habilidades, muito além de serem apenas receptores e transmissores de conhecimentos acadêmicos, muitos estudos surgem para sistematizar e priorizar habilidades que poderiam descrever melhor esses macro-objetivos apresentados. A Figura 4 traz alguns quadros teóricos recentes que fornecem tentativas dessa sistematização.

Figura 4- Panorama de competências para o século 21, segundo iniciativas globais

P21	ATC215	*European Reference Framework*
Aprendizagem e Inventividade 1) Criatividade e inovação 2) Pensamento crítico e resolução de problemas 3) Comunicação e colaboração	Formas de pensar 1) Criatividade e inovação 2) Pensamento crítico e resolução de problemas 3) Aprender e aprender e meta-cognição	Aprendizagem e Inventividade 1) Aprender e aprender
Informação, mídia e conhecimento tecnológico 4) Alfabetização informacional 5) Alfabetização em mídia 6) Alfabetização tecnológico	Formas de trabalhar 4) Comunicação 5) Colaboração	Comunicação e colaboração 2) Comunicação em língua nativa 3) Comunicação em língua estrangeira
Talentos para a carreira e para a vida 7) Flexibilidade e adaptabilidade 8) Iniciativa e autodeterminação 9) Habilidade social e multicultural 10) Produtividade e prestar satisfação 11) Liderança e responsabilidade	Ferramentas para o trabalho 6) Alfabetização informacional 7) Alfabetização tecnológica	Ferramentas 4) Competência em matemática e competências básicas em ciência e tecnologia 5) Competência digital
	Viver no mundo 8) Cidadania 9) Vida e carreira 10) Responsabilidade pessoal e social	Viver no mundo 6) Competências cívicas e sociais 7) Senso de iniciativa e empreendedorismo 8) Consciência, sensibilidade e expressões culturais

Fonte: adaptado de Lee (2013).

Segundo a Figura 4, há uma grande proximidade com competências desenvolvidas em espaços *maker* escolares, segundo a literatura já apontada. Especialmente na sistematização da primeira linha, podemos encontrar competências como ‘criatividade e inovação’ e ‘pensamento crítico e resolução de problemas’ atreladas ao ato de ‘aprender a aprender’ e muito próximas dos benefícios já discutidos de *makerspaces* escolares.

Uma outra sistematização, oferecida pelo *World Economic Forum*, também destaca competências ressaltadas na literatura de *makerspaces* escolares, como pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, curiosidade e outras menos frequentes, como colaboração, comunicação e iniciativa (Figura 5).

Figura 5 - Sistematização: competências para o século XXI.

Fonte: adaptado de World Economic Forum (2016).

Como também colocado por Lee (2013), as competências trazidas nessas sistematizações se aproximam do conceito de *soft skills* (HEFFRON, 1997; HECKMAN; KAULTZ, 2012), sendo capacidades desenvolvidas a partir da interação com outras pessoas e experiências na vida, que são moldadas com o tempo.

Outro modelo muito difundido para entendimento dessas competências é o do *Big Five*, proposto por Goldberg (1990), revisado em John e Srivastava (1999), propondo cinco grandes competências para mapear o desenvolvimento de habilidades socioemocionais. As cinco grandes competências, largamente exploradas no campo da educação básica atualmente para complementar o ensino de conteúdos curriculares (Figura 6), são:

1) Abertura a novas/ experiências: tendência a ser aberto a novas experiências estéticas, culturais e intelectuais.

2) Consciência: inclinação a ser organizado, esforçado e responsável. O indivíduo consciente também é caracterizado como eficiente, autônomo, disciplinado e não impulsivo.

3) Extroversão: o individuo extrovertido é caracterizado como amigável, sociável, autoconfiante, energético, aventureiro e entusiasmado.

4) Amabilidade: tendência a agir de modo cooperativo e não egoísta.

5) Estabilidade Emocional: previsibilidade e consistência de reações emocionais, sem mudanças bruscas de humor.

Figura 6 - Cinco grandes competências exploradas no campo da educação básica.

Fonte: autoria própria, 2019.

Referência na análise desse conceito no ensino básico, o CASEL (*Collaborative for Academic, Social and Emotional Learning*) também oferece uma sistematização de cinco macro competências para guiar o desenvolvimento e avaliação de habilidades mais específicas, exploradas e atualizadas em CASEL (2003); Durlak et al. (2011); Elias (2006); Kress e Elias (2006); e Zins et al. (2007):

1) *Self-awareness*: habilidade de reconhecer seus próprios sentimentos, interesses e habilidades, ajudando a manter um senso de auto-eficácia.

2) Self-*managment*: habilidade de lidar com dificuldades do dia a dia e controlar suas próprias emoções sob situações difíceis ou anormais.

3) *Social awareness*: permite que o indivíduo consiga enxergar através da perspectiva de outro, demonstrando um nível de empatia.

4) *Relationship management*: habilidade de desenvolver e manter relacionamentos saudáveis, incluindo a capacidade de resistir a pressões sociais negativas, resolver conflitos interpessoais e procurar por ajuda quando necessário.

5) *Responsible decision making*: permite aos estudantes manter em mente múltiplos fatores quando preciso tomar decisões, como fatores éticos, padrões, respeito ou segurança, incluindo a capacidade do aluno em identificar e analisar problemas, atuando para criar soluções.

Santos e Primi (2014), responsáveis por proporem com o Instituto Ayrton Senna uma forma de avaliação de competências socioemocionais, nos oferecem uma ótima sistematização e análise de diversos programas educacionais criados com o objetivo de favorecer o desenvolvimento dessas competências no contexto escolar. Um dos exemplos, muito conhecido nesse campo de estudo, é o programa *High Scope / Perry Preschool Project*, criado no estado de Michigan (EUA) em 1962 para oferecer uma educação infantil diferenciada para um grupo de crianças em risco de atraso de desenvolvimento, no caso com com QI abaixo do comum aos três anos de idade e provenientes de famílias de baixa renda (SCHWEINHART et al., 1993).

O programa era oferecido até os cinco anos de idade. Durante o processo educativo das crianças, era evidenciado com maior aspectos socioemocionais, como procedimentos em etapas bem definidas para resolução de situações de conflito ou um controle compartilhado entre adultos e crianças para escolha das atividades realizadas, o que privilegiava o desenvolvimento de talentos específicos e da capacidade de resolução de problemas.

Como principais resultados do programa, em comparação ao seu grupo de risco de origem, os autores indicam:

1) Um ano a mais de escolaridade atingida aos 27 anos de idade;

2) Redução de 1,3 anos em média do uso de serviços continuados de educação especial (destinado a indivíduos com dificuldades de natureza mental, emocional, fonoaudiológicos e auditivos);

3) Menor proporção de filhos sem pais formalmente casados (57% versus 83%);

4) Menor incidência de gravidez precoce (0,6 versus 1,2 filho por mulher);

5) Menor proporção de eventual encarceramento (28% versus 52%) ;

6) Menor proporção de prisões por crime violento (32% versus 48%);

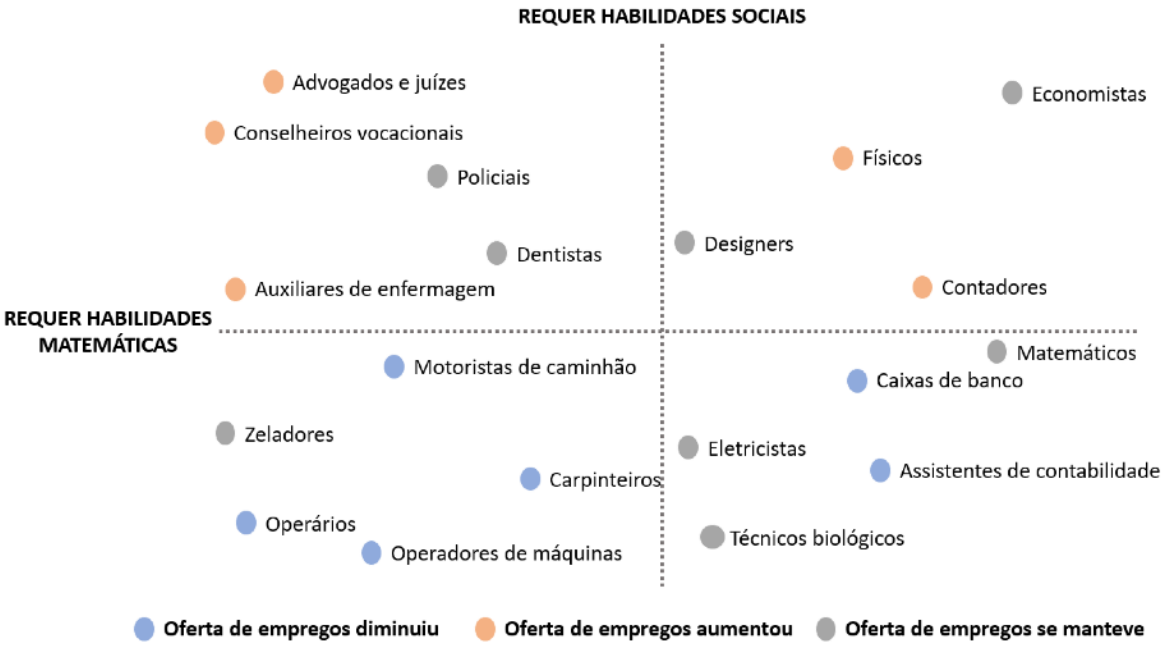
7) Maiores salários (cerca de 40% maiores para os tratados).

Com esses resultados, estima-se que o programa tenha contribuído para geração de ao menos 16 dólares para cada 1 dólar gasto em sua execução, entre geração de renda dos indivíduos e economia de serviços públicos para o grupo de risco original das crianças (SCHWEINHART et al., 1993).

Como um outro exemplo de programa focado nesse aspecto, os autores indicam o programa *National Guard Youth Challenge*, especializado em adolescentes com alta probabilidade de evasão escolar. O programa oferece 17 meses de aconselhamento e diversas atividades que elevam a auto-estima e disciplina e, em avaliações após 9 meses, os jovens já demonstravam maior probabilidade de completar o ensino médio, de estar trabalhando e menor chance de serem presos, além de uma medição maior no nível de auto-eficácia, que significa a capacidade de auto-organização para executar uma tarefa.

Analisando a importância de se fomentar competências socioemocionais na educação básica como pauta de políticas públicas e direcionamentos globais, o relatório do *World Economic Forum* (2016) aponta a necessidade de não entender o desenvolvimento dessas competências em substituição ao ensino acadêmico, mas como complemento e como fator que potencializa o desenvolvimento acadêmico. Segundo os autores, do ponto de vista de benefícios para o mercado de trabalho, as carreiras que mais apresentam crescimento no EUA nas ultimas duas décadas são as que demandam capacidades altas de competências cognitivas e interpessoais, observadas na Figura 7.

Figura 7 - Análise de diferentes carreiras, desde 1990.



Fonte: adaptado de World Economic Forum (2016).

De fato, Davidson (2013) aponta a estimativa de que 65% das crianças entrantes na educação básica atualmente irão trabalhar em posições que ainda não existem hoje, posições que demandarão sobretudo uma capacidade de articulação interpessoal e habilidades de criatividade, iniciativa e adaptabilidade. Nessa mesma análise, o autor aponta que o mercado de trabalho emergente irá requerer a atuação em resolução de problemas não estruturados, em um mundo cada vez mais complexo, com novas informações e rotinas pouco lineares.

Levy (2013) complementa essa análise, apontando a previsão de que trabalhos de classe média irão depender da capacidade de processar e transmitir informações. Os trabalhos ainda devem carregar funções rotineiras e habilidades manuais por um tempo, mas certamente os currículos aceitos deverão destacar cada vez novas capacidades sociais e emocionais.

Do ponto de vista de como o desenvolvimento de competências socioemocionais pode afetar a performance acadêmica e outros aspectos sociais, Durlack et al. (2011) conduz uma meta-análise de 213 estudos que avaliaram cerca de 270.000 estudantes do jardim de infância ao ensino médio. Alunos que passaram

por programas específicos de desenvolvimento socioemocional alcançaram um desempenho acadêmico 11% maior que os que não passaram. Os efeitos também estiveram relacionados com a melhor percepção de comportamento e a redução de *stress* emocional.

Os benefícios relacionados à melhoria de comportamento e interação social representam uma parcela dos cálculos de retorno sobre investimento (ROI) usados para avaliar o impacto do desenvolvimento socioemocional em escolas na socidade. Belfield (2015), através de uma pesquisa extensiva conduzida pela Columbia University, chega a uma média de retorno positivo de cerca de 11 dólares para cada 1 dólar investido nos principais programas escolares de desenvolvimento socioemocional nos EUA.

Quanto às boas práticas de implementação, Durlack et al. (2011), como conclusão da avaliação de 213 estudos de programas socioemocionais, aponta para quatro fatores críticos de sucesso nestes programas, que acabaram se consagrando em estudos posteriores como critérios de avaliação de novos programas socioemocionais. Os fatores são resumidos no acrônimo SAFE:

1) *Sequenced*: Necessidade de os programas usarem um conjunto de ações claramente coordenadas e conectadas para alcançar seus objetivos relativos ao desenvolvimento de competências.

2) *Active*: Capacidade dos programas em usar métodos não convencionais de ensino, engajando os alunos em vivências e reflexões profundas para se alcançar o efeito de desenvolvimento de competências, além de um entendimento acadêmico sobre o assunto.

3) *Focused*: Necessidade de se ter clareza sobre o objetivo de desenvolvimento social e/ou emocional, e não como um objetivo secundário em meio a outros mais acadêmicos ou de outra natureza.

4) *Explicit*: Endereçar habilidades específicas, a ponto de conseguir detalhar o plano de aprendizagem e avaliação, indo além de um desenvolvimento de habilidades positivas genéricas. Necessidade de deixar explícito para os alunos e demais envolvidos o objetivo de desenvolvimento das atividades.

Por fim, Yoder (2014) aprofunda os pontos acima, desmembrando-os em dez fatores críticos de sucesso, enquanto Payton et al. (2000) soma quatro pontos de atenção a atividades que queiram desenvolver competências socioemocionais:

1) Design do Programa, considerando a clareza dos objetivos e sequências pedagógicas, a clareza das instruções para os professores e a qualidade dos planos de aula e instruções para os envolvidos.
2) Coordenação do Programa, entendendo a necessidade de um envolvimento macro da escola, para que o desenvolvimento socioemocional não fique restrito a apenas alguns momentos da jornada do aluno no ambiente escolar; além de uma parceria entre família e escola para suportar as crianças nessa direção.
3) Preparação dos Educadores, considerando a necessidade de uma preparação formal para complementar a formação original de educadores que estão nas escolas, provendo suporte de alguma forma para questões do desenvolvimento socioemocional.
4) Avaliação do Programa: No contexto socioemocional, técnicas de avaliação local são essenciais, não para somente 'dar nota' ao desempenho dos alunos a título de classificá-los, mas como instrumento de auto-desenvolvimento e suporte ao percurso de cada aluno. De forma mais ampla, a qualidade da avaliação também influencia a qualidade do programa como um todo.

Os elementos acima também são desenvolvidos em Jones e Bouffard (2012), que analisam atividades efetivas de desenvolvimento socioemocional e reforçam a necessidade de rotinas claras e focadas neste objetivo, a formação para todos os educadores e comunidade escolar envolvida e suporte para o desenvolvimento socioemocional também nos adultos.

2.2.1 Síntese: Competências socioemocionais

Com essa seção, buscou-se um aprofundamento educacional acerca do desenvolvimento de competências buscado no contexto de uma "educação para o século XXI", o que oferece uma oportunidade e uma conceituação adequada para as práticas *maker* no contexto escolar. De fato, esse movimento educacional impulsiona

a proliferação dos *makerspaces* escolares, a partir do entendimento de que atividades *maker* podem ser um contexto para o desenvolvimento de tais competências, como visto na seção anterior. Por esse motivo, apesar de este trabalho não se propor a aprofundar a literatura sobre competências socioemocionais, entende-se que as boas práticas mapeadas nessa seção podem inspirar práticas de implementação das atividades *maker* em si, para que melhor cumpram o objetivo de suportar o desenvolvimento de tais competências.

Como um ponto de intersecção entre as duas literaturas apresentadas nas duas primeiras seções, o desenvolvimento da competência de "Resolução Criativa de Problemas" é apontada tanto como um possível benefício de *makerspaces* escolares, na primeira seção, quanto, na literatura de desenvolvimento socioemocional (segunda seção), como uma das principais competências de uma "educação do século XXI" – conforme o *World Economic Forum* (2016); Lee (2013) e outros.

Por fim, na terceira seção, busca-se aprofundar na literatura a respeito da competência de resolução criativa de problemas, atrelada como uma expertise do ensino de engenharia, o que seria a principal contribuição de atividades *maker* em escolas.

2.3 Resolução criativa de problemas

Sobre o processo de construção de soluções em um *makerspace*, a literatura também caracteriza essa abordagem experimental e de tentativa e erro como próxima da área do design. Diferente da maior leveza e geralmente não-intencionalidade do *Tinkering*, como descrito nas seções anteriores, o processo de design é visto por Smith, Iversen e Mikkel (2015) como parte fundamental da abordagem de resolução de problemas e elaboração de projetos em um *makerspace*. Observando o processo constante e iterativo de agir, colher informações de contexto para assim replanejar e voltar a agir, os autores o assemelham ao processo divergente-convergente do *Design Thinking* e advogam que atividades *maker* deveriam colher outros aspectos da disciplina do design para também ensinar a estruturar projetos complexos. Nesse sentido, Christensen et al.

(2016) adiciona a importância de um “letramento em design” como currículo essencial às atividades *maker*.

De fato, Sawyer (2006) enfatiza a necessidade de uma “educação para inovação”, sendo o processo educacional estruturado em uma constante improvisação disciplinada, com situações de construção de conhecimento sempre contextualizada, colaborativa e, sobretudo, criativa.

Olhando para um macro-contexto econômico em que surge o discurso da importância de formar pessoas para inovação, o processo iterativo descrito nas atividades *maker* se assemelha ao processo de desenvolvimento da capacidade de resolução criativa de problemas, identificado por Zaccaro et al. (2000) e Mumford et al. (2000) como sendo a principal característica de líderes de organizações ou projetos de impacto.

Isaksen e Treffinger (2004) faz uma revisão histórica sobre a evolução do conceito, encontrando uma síntese comum de definição de um processo de resolução de problemas como a capacidade de entender um problema, gerar ideias de solução e preparar uma ação de intervenção. Nesse sentido, tanto Basadur, Graen e Green (1982) como Wang, Chang e Li (2008), categorizando a resolução de problemas da mesma forma, enfatizam a característica de divergência-convergência presente no processo iterativo do design.

Com essa análise, podemos entender que a formação de uma abordagem iterativa de resolução de problemas é um ponto de intersecção entre a literatura que descreve os benefícios de *makerspaces* escolares e a literatura que descreve a formação de competências para inovação.

Especificamente sobre a literatura de gestão de projetos para inovação radical, grande *gap* na criação de valor dentro de organizações do século XXI, Pich, Loch e Meyer (2002) refletem que a realidade em que vivemos, especialmente para projetos de inovação radical, apresenta aos gestores de novos projetos um cenário de alta complexidade e incertezas, indicando como referência a ênfase ao processo iterativo, de repetidos ciclos de testes e resolução de problemas, especialmente em projetos que introduzem novas tecnologias em novos mercados ou apenas um dos dois cenários.

Em Sommer e Loch (2004), um dos métodos mais utilizados nesse contexto é o Aprendizado, também indicado pelos autores como “tentativa e erro”, significa constantemente ajustar, de forma flexível, o escopo e execução do projeto à medida que novas informações e padrões surgem. Ao contrário de planos de contingência, o método por aprendizado se ajusta ao contexto de forma não previamente planejada, se categorizando como um processo iterativo.

Explorando a literatura de *engineering design*, mais especificamente sobre o processo iterativo de resolução de problemas, Radcliffe e Lee (1998) analisa o processo de design de uma solução para um problema aberto com 14 estudantes do último ano de engenharia mecânica, encontrando uma correlação positiva entre a efetividade da solução criada e a eficiência do processo de design utilizado. Os estudantes com processo mais eficiente adotaram uma abordagem sistêmica e seguiram uma lógica sequencial de etapas de design, embora o autor ressalte que o processo foi entendido como um racional adaptável, tendo na essência um pensamento de iteração e repetição, muito mais do que um protocolo rígido de etapas a serem seguidas. De fato, Hybs e Gero (1992), analisando diferentes modelos de processo para design de soluções, concluem que praticamente todos os *frameworks* analisados têm em comum um procedimento cíclico iterativo de design.

Guindon (1990), analisando o processo de criação de *softwares* por designers experientes através da captação da descrição de seu raciocínio enquanto desenvolviam, conclui que uma "decomposição oportunista" do problema é mais eficiente do que uma abordagem *top-down* de decomposição. Ou seja, frente à natureza complexa e não estruturada de problemas *open endend*, um processo iterativo de iniciar por uma sistematização inicial das informações e seguir melhorando-a a partir de *feedbacks* ao longo da atividade é melhor do que um grande tempo de planejamento inicial. Com isso, o autor conclui que designers conseguem mais sucesso com uma abordagem de frequente iteração, em vez de um processo linear com etapas específicas de desenvolvimento. Purcell e Gero (1998) chegam a conclusões similares analisando o mesmo público de desenvolvedores de *software*.

Enfatizando outros aspectos do processo de design, também com uma amostra de estudantes de engenharia resolvendo problemas, Sutcliffe e Maiden

(1992) utilizam do método de pesquisa VPA - *Verbal Protocol Analysis*, geralmente usado para análises no campo do design, para analisar o raciocínio, planejamento, criação de modelos conceituais e sistematização de informações. Com uma amostra de 13 estudantes resolvendo um problema de alocação e calendário, os autores correlacionaram o desempenho das soluções finais com um processo de levantamento e validação de hipóteses iniciais, além de um raciocínio com base em modelos conceituais para entendimento do problema. Em contraste, um processo fraco de entendimento de escopo do problema e a falta de testes de hipóteses eram os fatores que levavam a baixo desempenho. Nessa mesma linha, Ennis e Gyeszly (1991) se focaram em entender como designers introduziam informações ou novos conhecimentos no processo de resolução de problema, concluindo que aquisição de informação é de fato um processo integrante e fundamental do processo de design.

Em uma análise mais ampla, Atman (1996) e Bursic (1998) também utilizam VPA para análise de estudantes de engenharia para analisar o processo de resolução de problemas, sintetizando que alunos que tinham passado por apenas um semestre do curso de engenharia, em comparação com os que tinham acabado de entrar, já conseguiam ter um desempenho melhor no processo e eram descritos por:

(i) Gastavam tempo significativamente maior para propor uma solução;

(ii) Tinham maior transição entre as etapas de um processo de design;

(iii) Consideravam mais possibilidades de falhas e de caminhos possíveis.

Os autores também sistematizam alguns itens que caracterizam um processo de design com melhor resultado, com muitas relações para com um processo iterativo:

(i) O uso de uma metodologia baseada em flexibilidade e adaptação conforme contexto;

(ii) O uso efetivo de transições entre as etapas de design;

(iii) O desenvolvimento de bons modelos conceituais, incluindo um bom entendimento de contexto a partir das informações adquiridas ao longo do processo.

Por fim, Atman et al. (1999) faz uma profunda análise de processo e abordagem para o design de uma solução para um problema, com a amostra de 50 estudantes de engenharia, sendo 26 ingressantes e 24 quase formados. Para simular um problema complexo e *open-ended*, o grupo escolheu o desafio de projetar um *playground* para uma vizinhança fictícia.

Em suma, o desafio consiste em fazer com que o estudante projete um *playground* em um terreno doado no contexto de uma cidade de médio porte. Para a realização deste, o engenheiro deve ter em mente que o público usuário terá entre 1 e 10 anos de idade e que os equipamentos utilizados devem ser seguros, de baixo custo e que estejam disponiveis em lojas de ferragens ou de madeiras, além de cumprir com a Lei da acessibilidade americana. Nesse contexto, os estudantes – que atuarão como engenheiros no desafio – terão tempo de 3 horas para desenvolver resoluções completas para os problemas relacionados ao projeto (ATMAN et al., 1999).

A análise dos estudantes se concentra em 10 códigos de ações baseados em três grandes estágios: (I) Definição de escopo do problema, com a identificação de necessidades, restrições, definição do problema e levantamento de informações de contexto; (II) Desenvolvimento de soluções alternativas, com a geração de ideias, criação de modelos de soluções e interações de contexto, avaliação e análise de viabilidade; e (III) Realização de projeto, com implementação, tomadas de decisão e ajustes.

Além de entender quanto tempo cada estudante gastou em cada uma dessas três macro etapas, um dos objetivos do estudo era entender como os vários estágios se alternam ao longo do processo. Portanto, os pesquisadores analisaram a transição entre etapas e os padrões de iteração que surgiram, além do registro de tempo total em cada etapa. Por fim, foi também comparado o número e a qualidade das soluções finais entre estudantes iniciantes e sêniors.

Com a análise dos dados, o artigo de fato chega à conclusão de que a qualidade dos projetos de estudantes sêniors é superior aos projetos dos iniciantes, trazendo a hipótese de que o fato pode ser explicado pelo processo de design de soluções mais amadurecido e aprendido ao longo do curso de engenharia.

Apesar de os dois grupos de análise gerarem uma quantidade de ideias alternativas similar, a pesquisa aponta que os estudantes sêniors possuíram um maior número de transições de estágio no processo de criação da solução, indicando um processo mais iterativo. Além disso, nos dois grupos a correlação foi positiva entre as variáveis de qualidade do projeto e quantidade de transições de etapas do processo de design.

A diferença no levantamento de informações e entendimento de contexto também foi clara: estudantes sêniors levantaram mais e melhores informações. Porém, o grupo indicou uma surpresa na análise dos estudantes iniciantes, ao analisar que existia uma correlação negativa entre porcentagem de tempo gasto na definição do problema e na qualidade da solução, indicando que alguns grupos ficaram 'presos' por não conseguirem definir o problema e planejar uma solução pelo contexto ser complexo, não conseguindo avançar para as próximas etapas do processo.

Por fim, os autores concluem que o porquê do grupo de estudantes sêniors conseguir um resultado melhor está no "como" eles gastaram o tempo de projeto, em vez de "quanto tempo" gastaram no projeto. Os elementos que foram identificados como importantes para o processo de design foram:

1) Entendimento melhor de contexto e das variáveis postas no projeto - não por conhecimento prévio, mas por se proporem a levantar informações;
2) Consideração de múltiplas alternativas de solução durante o desenvolvimento;
3) Transição constante entre as fases do processo de design ao longo do processo.

Em Adams, Turns e Atman (2003), o grupo faz um paralelo com a importância do conceito de *reflection-in-action* de Schon (1987), em que dois aspectos são importantes: uma reflexão inicial para começar a atacar o problema e uma reflexão gerada por algum evento inesperado ao longo do tempo, um *back-talk* continuo no meio do processo. A intenção do grupo é se aprofundar no tratamento dos dados de comparação do processo de design entre alunos de engenharia iniciantes e experientes.

O ato de observação e reflexão, como observado nas comparações de *engineering design*, é parte fundamental do processo de resolução de problemas e é fundamental que esteja diluído em diversos momentos do processo, categorizando um processo iterativo de ação-reflexão. Segundo os autores, essa seria a essência do processo iterativo de resolução de problemas.

Para se aprofundar nessa reflexão, os autores resgatam a definição de praticante reflexivo (r*eflexive practitioner*) de Schon (1987), de um praticante cujo conhecimento não é apenas racional e cognitivo, mas se constrói e se demonstra na ação, sendo a reflexão crítica para a ação. O praticante reflexivo enfatiza o *problem-setting* (além do *problem-solving*) como uma forma de refletir sobre as razões e contexto do problema através da experimentação, se engajando de forma fluida com uma variedade de representações (tangíveis ou de linguagem) de escopo do problema e suas soluções.

Com isso, Schon rejeita a teoria de uma racionalidade técnica que distingue profissionais apenas através da extensão de seus conhecimentos “de livro” e adiciona uma capacidade “não cognitiva” de abordagem de problemas. Essa abordagem traz a dimensão de um praticante reflexivo como um designer que interage com o contexto do problema e solução, se movimentando pela ação e refletindo com os resultados atingidos, de forma iterativa.

Nesse processo, o designer funciona como um criador desenvolvendo uma solução e um experimentador tentando entender a situação que ele está criando, dando assim a noção de que o designer tenha uma "conversa reflexiva" com a situação. Através deste tipo de interação com a situação, o designer está moldando a situação. Como tal, o modelo de Schon explica a natureza dinâmica, cíclica e desdobrável do design.

Outra característica importante do praticante reflexivo é que ele ouve a "conversação" da situação do projeto e reage de acordo. Do ponto de vista do processo, Schon fala sobre como o designer conduz experimentos que impulsionam a solução, mas está aberto para descobrir irregularidades na situação que sugerem esclarecimentos adicionais sobre o problema.

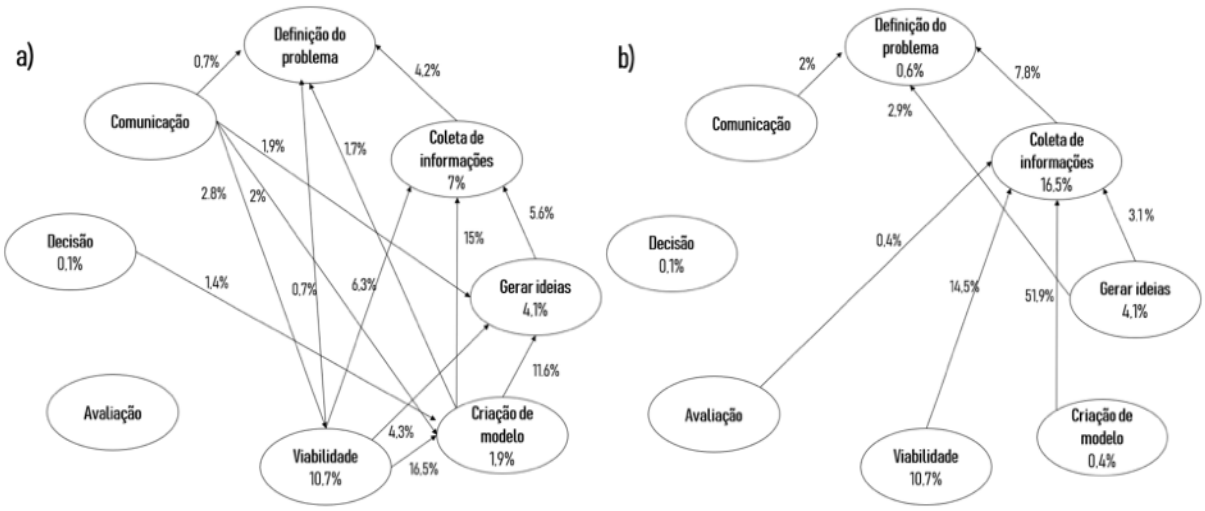
Dessa forma, quando Adams, Turns e Atman (2003) analisam os resultados e processo dos designs criados pelos estudantes de engenharia já descritos acima e,

em ATMAN et al. (1999), os autores utilizam o conceito de praticante reflexivo para justificar o principal achado de que um processo mais iterativo gera melhores resultados finais.

A Figura 7 que foi adaptada do estudo indica o grau muito mais iterativo do processo em estudantes mais sêniors (a) e o processo menos iterativo de estudantes iniciantes (b), lembrando que a média de qualidade de projeto do primeiro grupo foi muito maior que o segundo, como já discutido.

Nesse sentido, a Figura 8 indica no sentido horário as etapas comuns da realização de um projeto, entre as fases lineares “Definição do problema”, “Coleta de informações”, “Gerar ideias”, “Criação de modelo”, “Viabilidade”, “Avaliação”, “Decisão” e “Comunicação” e indica pelas setas como ocorreram as ‘mudanças de rota’ no processo, que marcam o aspecto iterativo dos grupos:

Figura 8 - Diagrama de transição iterativa para estudantes sêniores (a), com maior nível de iteração (45,1%) e maior resultado de qualidade (0,708); e para estudantes iniciantes (b) com menor nível de iteração (19,5%) e menor qualidade final (0,375).



Fonte: adaptado de Adams, Turns e Atman (2003).

Com isso, os autores concluem que a análise de como o tempo é distribuído entre as fases de design e a análise de transição entre as etapas podem ser medidas indiretas preditivas do nível de iteração do processo de design adotado e,

com isso, da qualidade final do design entre diferentes grupos em um ambiente complexo.

Por fim, o mesmo grupo de pesquisa faz uma nova análise em Atman et al. (2007), comparando os resultados anteriores dos dois grupos de estudantes com um grupo de engenheiros experientes, utilizando o mesmo desafio de design do *playground*, utilizado com os estudantes.

O grupo de engenheiros é analisado segundo os momentos de processo: definição de escopo do problema, geração de soluções alternativas e realização de projeto; e analisados sobre os critérios de distribuição do tempo ao longo da atividade e qualidade final do design.

Na análise dos autores, o grupo mais experiente gastou significantemente mais tempo na tarefa como um todo e sobretudo no momento de definição de escopo (69% mais tempo que os estudantes sêniors). Esse grupo de experientes também levantou significativamente mais informações de contexto que os grupos de estudantes (gastando 60% de tempo a mais na fase de entendimento de contexto), levando à conclusão de que as fases de (I) Escopo de problema e (II) Entendimento de contexto são as maiores diferenças no processo entre designers experientes e iniciantes, sendo competências importantes de serem desenvolvidas para a tarefa de resolução criativa de problemas.

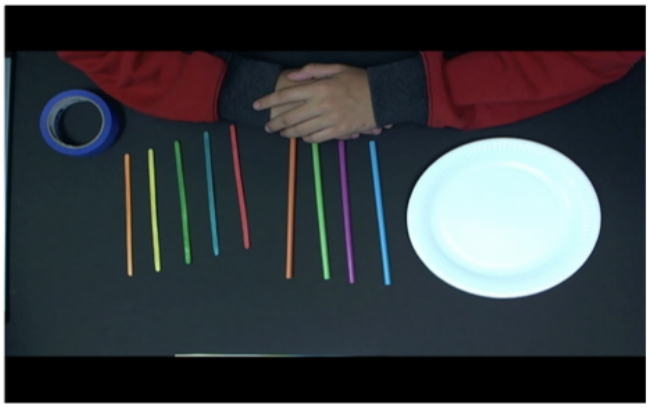
Como última análise, enfatizando uma descoberta inusitada no estudo, os autores apontam para um padrão de “cascata” encontrado no processo de design do grupo de experientes, que basicamente diz respeito a um padrão de alternância entre fases de “análise” e fases de “realização”. Esse padrão sugere que, além da análise do quanto tempo gasto em cada etapa do processo de design, uma outra medida talvez tão significativa quanto é a alternância entre as fases de realização e de análise. Com isso, os autores se remetem às conclusões da importância do processo iterativo e do comportamento de um ‘praticante reflexivo’, conceitos explorados nos estudos anteriores do grupo.

Em um estudo mais recente, Blikstein (2014) avança com o estudo de processos de design na resolução de problemas ao analisar o processo de *engineering design* processando muitos dados quantitativos para extrair *insights* do processo de aprendizagem, em adição aos métodos geralmente qualitativos de

análise. Dentro do contexto educacional, análises desse tipo podem dar mais escala a estudos complexos de processos de aprendizagem.

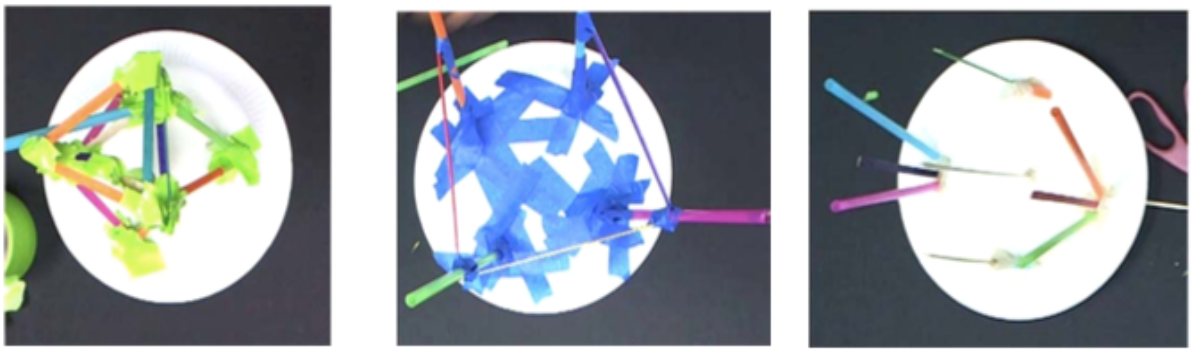
O autor analisa padrões de processo de resolução de problema em estudantes escolares ao resolverem um *design challenge* de montarem a maior torre possível utilizando materiais simples e capaz de manter um pequeno peso no topo (Figuras 9 e 10).

Figura 9 - Materiais utilizados para o desafio e posição da filmagem para análise do processo.



Fonte: Blikstein (2014).

Figura 10 - Estruturas simples resultantes do desafio.



Fonte: Blikstein (2014).

Como método de análise, o autor cria uma lista descritiva para associar tarefas facilmente identificáveis durante o processo a grandes ações/etapas do processo de design, sendo que os participantes foram pré-avaliados em seu nível de

conhecimento em aspectos de engenharia, como um critério de análise entre os grupos.

Na análise do processo, o autor considerou tanto a quantidade de tempo que cada grupo destinou a cada etapa do processo de design quanto o padrão de transição entre etapas, de acordo com a literatura prévia, classificando os alunos em quatro *clusters* distintos (Figura 11).

Figura 11 - Principais padrões de iteratividade no processo de cada cluster.

Fonte: Blikstein (2014).

Para análise da qualidade do processo de design utilizado, o autor associa dois critérios: (I) o grau “iterativo” do processo e (II) como cada *cluster* utiliza a tarefa de “planejamento”. Os melhores grupos nesse critério utilizam uma estratégia iterativa que envolve retornar à fase de planejamento no meio da fase de construção. Ou seja, após completarem uma parte do seu design, os alunos em seguida entram em outra etapa de planejamento para compilar os novos aprendizados, rever o que foi construído até então e avançar, com um plano refeito. Em contrapartida, estudantes de outros grupos com menor qualidade no processo geralmente se envolvem no planejamento inicial, mas simplesmente avançam para a realização de seu projeto sem nunca (ou pouco) re-planejar à luz dos aprendizados que surgem durante a prática.

Como análise da literatura prévia, esse comportamento dos grupos com maior qualidade do processo de design reflete o processo de constante “conversação” ente problema e solução, proposto por Schon (1987); ou a indicação do processo ótimo de “cascata”, de alternância entre tarefas de planejamento e ação em Atman et al. (2007). Como resultado do estudo, o autor também sinaliza que os grupos que estão com nota alta na qualidade do processo de design não necessariamente têm um alto conhecimento prévio em engenharia.

Por outro lado, o segundo critério de diferenciação entre os *clusters* (qualidade das ideias) é associado ao entendimento de elementos de engenharia traduzidos em suas soluções. Nesse aspecto, grupos que dominavam pouco elementos de engenharia não conseguiam bons resultados finais, apesar de empregarem um método iterativo, o que leva o autor a concluir que atividades em *makerspaces* escolares não podem se restringir a apenas ensinar um processo iterativo de resolução de problemas, mas devem levar o aluno a melhor compreender os fenômenos postos em suas atividades, muitas vezes ligados ao ensino de ciência e engenharia.

2.3.1 Síntese: Resolução Criativa de Problemas

Segundo a literatura especifica de Resolução Criativa de Problemas, uma das principais competências que *makerspaces* escolares podem desenvolver nos alunos, em consonância com os objetivos de uma “educação para o século XXI",

seria uma abordagem iterativa de proposição de novos projetos em contextos complexos para os alunos, abordagem própria do ensino de engenharia.

Com isso, acredita-se que trazer engenharia para o ensino básico, através de atividades *maker*, significa poder desenvolver alunos mais bem preparados para lidar com os desafios próprios do século XXI, em uma postura de usar seus conhecimentos acadêmicos para melhor entender e intervir constantemente no mundo ao seu redor.

2.4 Síntese da revisão bibliográfica

Como síntese da literatura apresentada, a título de sistematização do raciocínio deste estudo e vínculo entre a literatura de três áreas diferentes, podemos elencar os seguintes entendimentos:

✓ *Makerspaces escolares são a aproximação da engenharia no ensino básico.*

Makerspaces são espaços que trazem fabricação digital e outras ferramentas de criação para o centro do processo de aprendizagem escolar (BLINKSTEIN, 2016) ao abrir a oportunidade de explorar o mundo ao seu redor de forma criativa e protagonista (RESNICK, 2007).

Como efeitos diretos nos alunos, por um lado Worsley e Blikstein (2012) indicam uma mudança de percepção de identidade dos alunos quanto a engenharia e design, que se aproximam do ato de projetar e criar; enquanto Petrich, Wilkinson e Bevan (2013) apontam também para a aproximação de aprendizados em STEM - *Science, Technology, Engineering and Math.*

Por outro lado, Elias e Abu (2007) defendem que *makerspaces* escolares podem habilitar um ensino baseado em projetos, com objetivos muito mais amplos que o ensino de áreas como engenharia e design, complementado por Blikstein (2012) que aponta atividades baseadas no construcionismo (Papert, 1991) como forma de engajamento do aluno em sua trajetória escolar como um todo.

De fato, a popularização de *makerspaces* escolares vem como uma das respostas a uma crescente demanda por novos métodos educacionais que, segundo

Norgaard e Paaskesen (2016), são orientados para um aprendizado *open-ended*, em que o conhecimento “de livro” só é válido se o aprendiz consegue articulá-lo para “criar” e interagir com o mundo ao seu redor de forma pró-ativa.

Por fim, como principal benefício para o aluno, Vossoughi e Bevan (2014) apontam o desenvolvimento de “habilidades diversas e complementares”, como um senso de empreendedorismo e criatividade. As seções seguintes ajudam a caracterizar melhor essa contribuição no desenvolvimento de novas habilidades, oriundas da engenharia.

- ✓ *O movimento maker nas escolas ganha abertura a partir da discussão de competências nas escolas.*

O Relatório Delors (UNESCO, 1996) e a sistematização de *soft skills* (HEFFRON, 1997) são marcos para a popularização de uma discussão educacional sobre o desenvolvimento de competências não-acadêmicas e fundamentais para o sucesso pessoal e profissional de alunos em um contexto de sociedade em constante transformação.

Do ponto de vista do dia a dia de escolas, o CASEL (*Collaborative for Academic, Social and Emotional Learning*) concentra diversos estudos indicando boas práticas para o desenvolvimento socioemocional, enfatizando a crescente importância do tema.

Lee (2013) elenca diversas propostas de sistematização dessas habilidades a partir de políticas públicas educacionais, assim como o World Economic Forum (2016) apresenta sua sistematização, considerando competências como comunicação, colaboração, criatividade, adaptabilidade, perseverança, iniciativa, curiosidade e outras.

Como um ponto de intersecção entre as duas literaturas abordadas, a competência de “Resolução Criativa de Problemas” pode ser apontada como a principal contribuição da aproximação da engenharia no contexto escolar.

- ✓ *Com makerspaces escolares, espera-se que alunos desenvolvam competências ligadas ao ensino de engenharia: essencialmente, uma capacidade de resolução criativa de problemas.*

Defendendo um "letramento de design" como parte do currículo escolar, Smith, Iversen e Mikkel (2015) destacam a oportunidade de uso de um *makerspace* escolar para estimular a capacidade projetual e de síntese/abstração, próprias da disciplina do design, como um recurso fundamental para resolução de problemas no contexto complexo de sociedade em que vivemos. De uma forma macroeconômica, Zaccaro et al. (2000) e Mumford et al. (2000) apontam a "capacidade de resolução de problema" como a principal competência para líderes de organizações e projetos de impacto.

Explorando o processo de resolução de problema em si, vindo da literatura de *engineering design*, vários autores analisam o processo de design de grupos diversos para retirar *insights* sobre o que é um bom processo de resolução de problemas (GUINDON,1990; HYBS; GERO, 1992; PURCELL; GERO, 1998; RADCLIFFE; LEE, 1998).

Como uma síntese de achados de vários autores e evolução posterior, Atman et al. (2007), como resultado de várias publicações desde a década de 90 do mesmo grupo de pesquisa, indica que o fator mais importante na análise do processo de design é a transição entre as etapas do processo, categorizando o processo iterativo como o núcleo do processo de resolução de problemas. Nesse sentido, Adams, Turns e Atman (2003) já tinham dado uma importante contribuição sobre o processo iterativo, descrevendo-o como um constante "conversação" entre contexto e solução e alternância de fases de "execução" e "replanejamento". Aspecto esse que se relaciona intimamente com a caracterização de atividades *maker* da primeira seção, baseadas em um processo experimental.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Questão da pesquisa

Este estudo se propõe a levantar um entendimento sobre a aplicação do conceito de atividades *maker* em contextos reais de escolas brasileiras, confrontando os achados com as indicações da literatura. Nesse sentido, busca-se

entender as motivações que têm levado escolas brasileiras a aderir ao projeto, os resultados alcançados até então e quais as principais ações de implementação do projeto, bem como boas práticas, principais dificuldades ou sugestões; comparando tais dados com a teoria disponível até então.

Dessa forma, a Questão de Pesquisa é: *Como tem se dado a aplicação real de atividades maker em escolas brasileiras?*

Para explorar essa questão, foi escolhido o método de pesquisa de Múltiplo Estudo de Caso, mantendo uma amostra pequena o suficiente para levantar dados descritivos e aprofundados sobre realidades de escolas que têm se dedicado a implementar tais projetos, ao mesmo tempo incorporando diferentes casos para aumentar a capacidade de generalização dos achados.

3.2 Parâmetros dos casos a serem estudados

Adaptando o método escolhido para a questão de pesquisa, a amostra das escolas participantes deve conter cerca de cinco a dez casos ao total, com cada escola devendo atingir os seguintes requisitos:

I. Possuem ao menos um ano desde o início da implementação do projeto, sendo casos maduros para indicar com riqueza de informações uma avaliação sobre as ações de implementação.

II. Estejam significativamente comprometidas com o projeto *maker*, articulando recursos internos em uma clara intenção por realizarem esse tipo de atividade, para que as informações traduzam resultados reais de implementação, e não de uma experimentação do conceito apenas. Para isso, adotou-se o critério de selecionar somente escolas que estivessem implementando o projeto *maker* em seu tempo curricular, ou seja, para todos os alunos em horário regular, e não no período de contra-turno, onde há geralmente um comprometimento menor da gestão escolar.

III. Acesso à gestão escolar como parte dos entrevistados, para além dos professores participantes do projeto, para garantir um olhar holístico da implementação e estratégico da própria instituição.

3.3 Questões de análise

Partindo da Questão de Pesquisa (QP) fundamental, foi identificado três subitens, chamadas de Questões de Análise (QA), que expressam caminhos de pesquisa e análise de dados para responder à pergunta primária:

- ✓ **QP**: Como tem se dado a aplicação real de atividades *maker* em escolas brasileiras?
- ✓ **QA1**: Quais os principais objetivos e resultados alcançados com o projeto, após um tempo de implementação?
- ✓ **QA2**: Quais são os principais fatores críticos na implementação dessas atividades e seus principais aprendizados, visando o sucesso do projeto? Aqui, espera-se extrair as boas práticas essenciais para a condução dos fatores identificados.
- ✓ **QA3**: Na comparação entre os dados obtidos e a literatura sobre atividades *maker*, o que pode ser entendido como principais convergências e principais lacunas? Entendendo convergências como tradução da teoria para aplicação real e lacunas como oportunidades para que a teoria suporte melhores implementações futuras.

Com as três Questões de Análise propostas, espera-se compreender e sintetizar informações relevantes para que outras escolas, particulares ou públicas, possam melhor conduzir implementações similares, além de contribuir para o avanço da teoria sobre o conceito.

3.4 Planejamento da captação dos dados

Analisando quais atores poderiam ter mais influência na implementação do projeto *maker*, decidiu-se focar a captação de dados em dois perfis:

- **Gestores Pedagógicos**: direção geral ou pedagógica; coordenação de segmentos ou de tecnologia educacional.
- **Professores envolvidos**: diferentes educadores que participam ativamente das atividades *maker*, tendo participado das ações de implementação que envolviam esse público.

Dessa forma, decidiu-se não envolver no levantamento de dados atores como alunos ou pais, pelo entendimento de que são atores envolvidos nas ações de implementação, mas no seu planejamento, execução e avaliação.

Sobre o formato de captação de dados, a opção do estudo foi mesclar dois tipos de fonte:

- **Entrevistas de profundidade**, diretamente com os atores elencados acima, a partir de um roteiro inicial.
- **Análise de conteúdos gravados**, de palestras ou formações em que esses mesmos atores abordaram as questões do roteiro inicial.

Com base na QP e nas três QAs já abordadas, foi levantado o roteiro inicial, com basicamente duas seções de exploração de informações: “Objetivos e resultados” e “Boas práticas de implementação”, como descrito abaixo.

Quadro 2- Roteiro inicial do levantamento de dados

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS - GESTÃO
Objetivos e Resultados
Quais eram os resultados esperados quando vocês começaram o projeto *maker* na escola?
Por que escolheram o *maker* para chegar a esses resultados, e não outras possíveis abordagens?
Passado algum tempo do início do projeto, quais conquistas você considera já terem alcançado?
Como a proposta de atividades *maker* se encaixa na proposta pedagógica da escola?
Quais indicativos de que as atividades *maker* estão de fato integradas ao currículo da escola? Seja indicadores que já aparecem atualmente ou desejados para o futuro
Você tem algum exemplo que aconteceu nas atividades *maker*, que ilustra a integração curricular e os objetivos pretendidos com o projeto?

Boas Práticas de Implementação
Quais foram as principais ações para a implementação do projeto?

Quais são as três recomendações mais importantes, que você daria a outro colégio que quer iniciar atividades *maker* no currículo? Por que de cada uma?
Existe algum detalhe importante de implementação, no caso da sua escola, que tenha contribuído para o sucesso do projeto até agora? Ex: frequência específica de formação de professores, tempo de aula no currículo, materiais disponíveis etc.
Existem fatores específicos do seu colégio que você acredita ter contribuído para o sucesso do projeto até agora? (particularidades que fizeram diferença)
Já existia uma cultura de atividades parecidas com o *maker* antes da implementação do projeto? Ex: robótica educacional, aulas baseadas em projeto, projetos de aprendizagem autoral
Na sua opinião, essas atividades e cultura prévia influenciou mais o sucesso do projeto *maker* que as próprias ações de implementação? Foram pouco ou muito importantes?

Fonte: autoria própria, 2021.

Quanto à análise dos dados, o roteiro inicial deve seguir como um guia para as entrevistas em profundidade, mas perguntas e informações complementares devem ser consideradas para formar um entendimento em resposta às questões de análise. Para tratamento dos dados, tanto das entrevistas quanto das análises de conteúdo registrado, por se tratarem de dados não padronizados e amplos, espera-se uso das técnicas de:

- **Combinação de padrões**: analisar os resultados das informações vindas do roteiro inicial e agrupá-los por similaridade, indicando os padrões mais relevantes de acordo com a recorrência de incidência em citações.
- **Explicações lógicas**: para além da análise de recorrência dos padrões identificados, busca-se compreender um cenário mais amplo de como esses padrões se relacionam, em explicações lógicas que podem ajudar a construir um entendimento sobre as questões de análise.
- **Transcrição de discurso:** quando for pertinente, a análise de dados deve incluir transcrições literais dos discursos obtidos para compor um melhor entendimento sobre os padrões abordados.
- **Modelos de síntese:** por fim, por se tratar de uma grande quantidade de informações, padrões e relações entre eles, sempre que possível, busca-se

priorizar e sintetizar as principais informações, para um entendimento macro do cenário em análise.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apresentação dos resultados, a primeira seção trata de caracterizar as escolas da amostra, a partir dos dados levantados com profissionais de gestão e professores. Na sequência, o estudo apresenta os principais resultados encontrados e uma discussão de aprofundamento, separando as seções pelos dois temas abordados no questionário de entrevista: (i) Objetivos e resultados e (ii) Boas práticas de implementação.

4.1 Caracterização da amostra de dados

O levantamento de informações se deu com uma amostra de doze profissionais de escolas, representando sete escolas ao total. Das doze coletas de dados, oito foram entrevistas individuais e quatro foram análise de conteúdos gravados, em entrevistas ou palestras sobre implementação do projeto *maker* na escola, que cobriram ao menos os mesmos tópicos abordados nas entrevistas.

Os doze profissionais de escolas escolhidos participaram ativamente da implementação e acompanhamento do projeto *maker* em suas escolas, sendo que 08 ocupam cargos de gestão (direção ou coordenação) e quatro são professores. A mescla de perfil foi importante para contrastar pontos de vista distintos, mas foi priorizado o perfil de cargos de gestão por buscar-se uma visão holística sobre os objetivos, resultados e implementação do projeto, foco desse estudo.

As sete escolas analisadas são particulares, divididas em três estados brasileiros, sendo que apenas uma faz parte de um grupo privado com mais de cinco unidades escolares. Apesar de essa ser uma limitação das conclusões desse estudo para a extrapolação para escolas públicas, decidiu-se o foco em particulares tanto pela facilidade de acesso a dados quanto para analisar em maior profundidade um contexto específico de implementação.

Em termos de escopo do projeto *maker*, todas as escolas analisadas realizam constantemente aulas com essas características de forma recorrente em seu planejamento curricular, sendo encontros semanais ou quinzenais. Todas usam o

termo “*maker*" para classificar o projeto, sendo declarado como uma das prioridades da escola, e possuem materiais e ferramentas necessários para realização das atividades. Algumas possuem um espaço físico dedicado ao projeto e outras não, como será melhor discutido nas próximas seções. Em termos de maturidade, uma escola possui o projeto há pelo menos um ano, três escolas o realizam há pelo menos dois anos e três escolas já possuem ao menos quatro anos de projeto, se caracterizando como uma amostra de escolas com intenção declarada pelo projeto, alto grau de esforço para sua realização e considerável tempo de maturidade para se extrair dados de qualidade sobre a implementação.

Em termos de séries envolvidas no projeto *maker*, todas as escolas possuem atividades no Ensino Fundamental, sendo que todas as realizam no Fundamental Anos Iniciais (1o a 5o Anos) e apenas uma não as realiza no Fundamental Anos Finais (6o a 9o Anos). Quanto ao Ensino Médio, apenas três escolas abrangeram o segmento com o projeto, mas ainda de forma tímida, porque, no momento da coleta de dados, as escolas estavam passando por reformulação pedagógica nesse segmento, dado novas regulações nacionais. Dessa forma, a amostra se concentra em retratar a realidade de implementação no Ensino Fundamental (1o a 9o Anos), embora as principais discussões possam ser extrapoladas como considerações ao a outros segmentos, respeitando-se suas particularidades.

Quanto ao perfil pedagógico das sete escolas analisadas, cinco usam sistemas de ensino tradicionais de mercado e duas utilizam livros didáticos. Todas utilizam a palavra “inovação" no discurso de proposta de valor educacional. Nenhuma delas sinaliza uma disrupção no modelo de organização estudantil tradicional: todas são seriadas e se organizam com aulas de aproximadamente cinquenta minutos na grade curricular, se categorizando como uma amostra de escolas tradicionais, mas em processo de inovação pedagógica. As informações de caracterização das escolas podem ser compiladas no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Caracterização das escolas da amostra

	Profissionais Entrevistados	Cidade	Segmento de atuação do projeto	Tempo mínimo de projeto	Utiliza sistema de ensino
Escola um	Gestor(a) + professor(a)	São Luís/ MA	Fundamental todo + Ens. Médio	Dois anos	✓
Escola dois	Gestor(a) + professor(a)	São Paulo/ SP	Fundamental todo	Um ano	✓
Escola três	Gestor(a)	Rio de Janeiro/RJ	Fundamental Anos Iniciais	Quatro anos	
Escola quatro	Dois gestores + professor(a)	São Paulo/ SP	Fundamental todo + Ens. Médio	Quatro anos	
Escola cinco	Gestor(a)	São Paulo/ SP	Fundamental todo	Quatro anos	✓
Escola seis	Professor(a)	Bragança Paulista/SP	Fundamental todo	Dois anos	✓
Escola sete	Gestor(a) + Professor(a)	Barueri/SP	Fundamental todo + Ens. Médio	Dois anos	✓

Fonte: autoria própria, 2021

4.2 Objetivos e resultados

4.2.1 Objetivos do projeto

No levantamento de dados, perguntou-se diretamente sobre as principais motivações que levaram cada escola à adoção do projeto *maker*, pedindo para se priorizar no máximo dois ou três objetivos. Como as perguntas do questionário eram abertas, os dados de resposta foram tratados e agrupados para encontrar padrões, como indicados no Quadro 4 abaixo. Os agrupamentos foram separados em “Mais citados” e “Menos citados”, usando-se o critério de classificação do primeiro grupo os itens citados pela maioria das escolas, ou seja, ao menos quatro, do total de sete.

A partir do objetivo do estudo, buscou-se priorizar uma análise qualitativa sobre os principais objetivos indicados, descrevendo exemplos que tangibilizem cada agrupamento de Objetivos, como descrito na sequência. Não foi observado nenhuma escola com grande divergência das demais, se caracterizando como um grupo com boa similaridade de discurso de objetivos.

Quadro 4 - Principais objetivos do projeto citados

	Objetivos principais do projeto
Mais citados	Desenvolver autonomia, protagonismo e outras competências socioemocionais dos alunos
	Promover um aprendizado mais ativo pelo aluno
	Fomentar a evolução do papel do professor e gestão pedagógica para metodologias ativas de aprendizagem
Menos citados	Fomentar interdisciplinaridades entre as disciplinas
	Promover maior engajamento do aluno
	Desenvolver letramento tecnológico com os alunos

Fonte: autoria própria, 2021

Das sete escolas da amostra, seis citaram explicitamente como um dos objetivos principais o desenvolvimento de competências socioemocionais dos alunos. Para uma análise mais profunda, podemos observar algumas falas dos gestores e professores:

- "Não era criar "super *makers*", mas estimular a autonomia dos alunos para se virarem e trabalhar por projetos” (escola sete, gestor).
- *"A escola procurou na literatura, sobretudo UNESCO e OCDE, quais eram as principais competências a serem desenvolvidas nos alunos. E essas competências tiveram muita similaridade com que um projeto de cultura*

maker poderia desenvolver, se tornando nosso objetivo com o projeto" (escola um, professor)

- *"O que faz mais sentido é a oportunidade de ter projetos complexos que levem o aluno a conectar o que ele está aprendendo dentro de um espaço mão na massa com sua comunidade. Queremos que, se tiverem 30 alunos em um projeto, que saiam 30 propostas diferentes, dando autonomia e um espaço de experimentação. O que não faz sentido é uma abordagem de "construção guiada" ou atividades com objetivo técnico, que se focam no aprendizado de linguagem de programação. Atividades que convidam os alunos a montar algo tecnológico, terminando a aula com todos os grupos construindo o mesmo robô, não faz sentido algum para nós" (escola um, gestor)*
- *"Lidar com projetos. Eles terem uma questão-problema, pensarem em como agir, levantarem hipóteses e tangibilizando em uma proposta autoral, lidando sempre com questões complexas" (escola seis, professor).*
- *"Queremos trabalhar a autonomia dos alunos diante de projetos abertos" (escola quatro, gestor)*

Ainda nos objetivos mais citados, cinco das sete escolas indicaram diretamente a intenção de promover um aprendizado mais ativo dos conteúdos curriculares, já trabalhados em sala de aula por outros métodos de aprendizagem. Algumas falas que representam esse objetivo são:

- *"Queríamos trazer uma realidade de vivência mais prática para o aluno e fazer com que o aprendizado seja mais contextualizado" (escola sete, professor).*
- *"Buscava-se fortalecer o pilar de "Aprender a Fazer", segundo os pilares de educação recomendados pela Unesco segundo Delors" (escola sete, gestor).*
- *"Buscávamos fugir da aula convencional, da prática explicativa onde o professor só fala e o aluno só ouve, e com isso trabalhar também a prática do aluno se desenvolver através da interdisciplinaridade e do fazer" (escola quatro, professor).*

- *"Os alunos fazem cada vez menos e só lidam com o digital, apenas consumindo conteúdo. Gostaríamos de torná-los mais ativos" (escola dois, professor).*
- *"É pelo fato de eles aprenderem mesmo fazendo, colocando a mão na massa e tendo uma participação ativa no aprendizado" (escola seis, professor).*

Por fim, também cinco das sete escolas citaram como um dos principais objetivos o fato de o projeto *maker* contribuir para fomentar na comunidade de professores e gestores práticas ligadas à metodologias ativas, em uma intenção de usar esse tipo de atividade para acelerar um projeto maior ou intenção de inovação pedagógica já existente. Para alguns, uma evidência desse objetivo seria o fato de outros professores, não diretamente ligados ao projeto, também utilizarem o espaço *maker* em suas práticas. Alguns relatos nessa direção são:

- *"O objetivo era ajudar no processo de trazer metodologias ativas como prática escolar. Essa prática favorece que o professor saia do lugar para conseguir realizar uma aprendizagem criativa"(escola um, gestor).*
- *"O interesse da escola, na minha visão, era começar a se inserir em uma realidade de pedagogia contemporânea, envolvendo alunos e professores, sendo puxada pela mercado" (escola sete, professor).*
- *"A escola tem um viés construtivista e sempre trabalhou com sucatas e com atividades criativas com os alunos, sendo o projeto mais uma ferramenta para os professores. As tecnologias são para nós uma ferramenta de aprendizagem, e não um objetivo de aprendizagem por si só" (escola três, gestor).*
- *"O desejo era o de fugir da 'aula tradicional', usando mais metodologias ativas de aprendizagem" (escola dois, gestor).*
- *"A escola é super tradicional no bairro e começou um projeto de inovação muito forte, que definimos como sendo uma busca por 'projetos', 'metodologias ativas de aprendizagem' e 'cultura maker', o que direcionou nossas atividades de planejamento e de formação da comunidade de professores" (escola quatro, gestor).*

- *"O projeto foi implementado em um momento de mudanças dentro dessa perspectiva de trabalhar com uma educação onde o aluno tem um papel de protagonista bem intenso, e isso de certa forma facilitou o processo de implantação" (escola dois, professor).*

Quanto aos objetivos mais citados, os dados são bastante compatíveis com o apontado pela literatura, evidenciando um grupo de escolas bastante consciente com o que se deseja alcançar a partir do projeto *maker*.

O objetivo de desenvolvimento de competências socioemocionais dos alunos está no centro do que Resnick (2007) chama de "aprendizagem criativa", dando liberdade para os alunos experimentarem propostas de criação, em alusão ao processo de descoberta do ensino infantil. Smith, Iversen e Hjorth (2015) enfatizam a grande proximidade das atividades *maker* com o pensamento de projeto do design, em que as práticas de análise de contexto e desenvolvimento iterativo estimulam a capacidade de resolução de problemas, como também apontado por Petrich, Wilkinson e Bevan (2013).

O objetivo de aprendizado mais ativo, conectando as atividades *maker* com diversas disciplinas do currículo escolar, é o que Vossoughi e Bevan (2014) apontam como aprendizado com base na curiosidade ou que Schneider e Blinkstein (2016) propõem, ao defender que os alunos podem reter até 30% a mais de conteúdo quando expostos a uma abordagem experimental e teórica sobre um assunto, de forma combinada.

Por fim, Norgaard e Paaskesen (2016) indicam que a popularização de *makerspaces* escolares vem como uma das respostas a uma crescente demanda por novos métodos educacionais, que são orientados para um aprendizado *open-ended*, em que o conhecimento "de livro" só é válido se o aprendiz consegue articulá-lo para "criar" e interagir com o mundo ao seu redor de forma pró-ativa. O próprio Papert (1991) sempre apontou o uso de tecnologias criativas como um motor de aprendizagem construtivista, propondo muitas vezes uma disrupção para com o modelo tradicional de organização escolar. Dessa forma, é natural entender o terceiro objetivo mais citado, de usar o projeto *maker* dentro um movimento maior de mudança pedagógica da escola, o que pode ser muito benéfico - afinal, se fosse uma iniciativa isolada apenas, poderia ter menores chances de manter suas

características fundamentais, pela influência da concepção tradicional de ensino, ou de sustentar no tempo.

Um fato interessante a se observar é o objetivo “letramento tecnológico” aparecer como um dos menos citados (apenas duas escolas usaram o termo ou outro similar) e o fato de não ter sido registrado em nenhum momento o termo “STEM” ou “STEAM”, ou mesmo a associação direta com as disciplinas de “ciência, tecnologia, engenharia, matemática e artes” que os dois termos propõe. Mesmo o termo “robótica”, quando apareceu nas falas, o fez com uma carga negativa de significado, para indicar o que não era esperado do projeto *maker*: uma intenção tecnicista de aprendizado de programação, como na fala de uma professora:

- *"Em um primeiro momento, os alunos não estavam preparados para projetos muito abertos e tinham expectativas mais próximas do que eles conheciam como robótica: tanto atividades que envolviam bastante tecnologia quanto uma forma de condução de passo a passo para montagem de algo, o que não era nosso objetivo.”*
- *“Antigamente existiam aulas de robótica na grade curricular, mas eram com outra proposta: atividades guiadas e com recursos tecnológicos limitados.“*

Essas constatações destoam da literatura levantada, que sugere um maior valor ao objetivo de letramento tecnológico em si. De fato, ao Vossoughi e Bevan (2014) fazerem uma revisão de literatura sobre os espaços *maker* escolares, apontam três grandes benefícios esperados: (1) Estímulo à criatividade e outras competências, (2) Aprendizado acadêmico baseado em projetos e (3) Foco em STEM e aumento de interesse dos alunos a essas áreas. O primeiro e segundo foram bem explicitados pelas escolas, mas o terceiro não apareceu como intenção significativa.

Ao sintetizar três principais objetivos de atividades *maker*, Clapp et al (2016) evidencia que os alunos se beneficiam de um letramento tecnológico, próximo das habilidades ligadas a STEM, conseguindo lidar com novas ferramentas digitais e manuais.

Por fim, Blinkstein e Worsley (2016) defendem veementemente uma não “tecnização" dos espaços *maker* escolares, levantando atenção para o risco de

trocarmos uma cultura de aprendizagem por uma cultura “hacker", de super-valorização da tecnologia. Em comparação à amostra, ao menos no que tange às intenções do projeto, os gestores e professores se mostram bastante alinhados com essa preocupação, talvez até tão avessos à ideia de evidenciar tecnologia que não têm trazido no discurso os benefícios ligados ao mundo STEM e de letramento tecnológico que a literatura também aponta.

4.2.2 Resultados alcançados até então

A partir do mesmo método de análise do discurso sobre os Objetivos, pode-se avaliar os resultados alcançados declarados no quadro abaixo.

Quadro 5 - Principais resultados alcançados até então

	Resultados principais alcançados até então
Mais citados	Mudança positiva de comportamento dos alunos
	Alunos extrapolando aprendizados e uso do espaço *maker* para além das aulas programadas
	Engajamento dos alunos e *feedback* positivo durante as atividades
Menos citados	Bom marketing para as famílias
	Letramento tecnológico dos alunos
	Fomentar a evolução do papel do professor e gestão pedagógica para metodologias ativas de aprendizagem

Fonte: autoria própria, 2021

Um dos resultados declarados até agora mais citados foi a observação de mudança de comportamento dos alunos, em quatro das sete escolas, com as seguintes falas que o ilustram:

- *“O que nos motiva é a percepção de que alguns alunos, que antes não apareciam muito, mudaram o perfil comportamental para mais ativos em sala de aula” (escola um, gestor).*
- *“Temos visto que o aluno perde o medo do novo ou de errar. E isso é bom para outras práticas pedagógicas que envolvem projetos, fora do espaço maker. Inclusive, acredito que tenha ajudado bastante os alunos no tempo de pandemia, em que precisaram ser mais autônomos em casa” (escola dois, gestor).*
- *“Como indicador de sucesso, o aumento na autonomia dos alunos em passar por esses projetos, sobretudo tendo menos medo de errar” (escola quatro, gestor).*
- *“Observamos que o estudante que desenvolve atividades desse tipo há mais tempo tem mais paciência com seu erro e é mais resiliente em atividades de projetos” (escola dois, professor).*

Das sete escolas, quatro declararam como resultado alcançando até então a percepção de que os alunos têm transposto aprendizados das atividades *maker* para outras atividades educacionais; ou buscado o espaço *maker* para realizar projetos não demandados pelos professores, indicando um princípio de interdisciplinaridade e integração com o restante das propostas escolares:

- *"Eles começaram a valorizar os materiais e estimular um olhar criativo para além da sala de aula. Hoje em dia, mesmo sem a gente pedir, eles já trazem para a sala maker itens recicláveis, por exemplo, de garrafinhas no recreio ou caixas de remédio de casa, já imaginando o que fazer com isso” (escola um, professor).*
- *"Vemos alunos pró-ativamente sugerindo usar o espaço maker para atividades de outras disciplinas, o que evidencia uma transposição de aprendizados” (escola cinco, gestor).*
- *"Os alunos procuram o espaço maker fora do horário de aula, para projetos pessoais ou trabalhar mais tempo nos projetos acadêmicos” (escola um, gestor).*

- *"É muito legal ver os alunos fazerem links dos conteúdos que estão sendo trabalhados em sala de aula e ver os outros professores linkando o que eles estão fazendo com as atividades na sala maker. Então hoje já temos implantado uma cultura maker e de inovação, entendendo que inovação não necessariamente significa tecnologia" (escola quatro, professor).*

Por fim, também quatro escolas apontaram o engajamento dos alunos como um dos principais resultados alcançados até então:

- *"O engajamento dos alunos nas atividades é um indicador importante e que está acontecendo" (escola três, gestor).*
- *"Acredito que estamos tendo sucesso, porque os alunos gostam das atividades e se engajam" (escola dois, professor).*
- *"Atingimos nosso objetivo porque vimos "brilho nos olhos" dos alunos ao realizarem os projetos em sala" (escola dois, gestor).*
- *"O fato de estarem em um ambiente novo e com atividades diferentes e mais lúdicas que a aula tradicional acaba engajando os alunos e soando bem para as famílias, tendo inclusive um bom efeito de marketing para a escola" (escola sete, gestor).*

4.2.3 Análise comparativa: intenções e resultados

Por fim, pode-se analisar a comparação entre os principais objetivos do projeto e os principais resultados alcançados, segundo o Quadro 6 abaixo, sendo a compilação dos dados encontrados para a Questão de Análise "QA1: Quais os principais objetivos e resultados alcançados com o projeto, após um tempo de implementação?".

Quadro 6 - Comparação entre objetivos e resultados

		OBJETIVOS PRINCIPAIS	
		Menos citados	**Mais citados**
RESULTADOS ALCANÇADOS	**Mais Citados**	Engajamento dos alunos e *feedback* positivo durante as atividades	Mudança de comportamento nos alunos, sugerindo desenvolvimento de autonomia, protagonismo e competências de resolução de problemas Alunos com postura de aprendizagem ativa, extrapolando aprendizados e uso do espaço *maker* para além das aulas programadas
	Menos ou não citados	Desenvolver letramento tecnológico dos alunos Fomentar interdisciplinaridade entre as disciplinas Bom marketing para as famílias	Fomentar a evolução do papel do professor e gestão pedagógica para metodologias ativas de aprendizagem

Fonte: autoria própria, 2021

Na análise comparativa, pode-se entender que, para este grupo de escolas, as intenções para com os alunos - de mudança de comportamento, aprendizado ativo e engajamento - estão sendo cumpridas, embora não tenham sido levantadas evidências ou formas de tangibilização deste progresso. A maior discrepância frente à literatura sobre os benefícios para os alunos está na pouca atenção para o tópico "desenvolvimento de letramento tecnológico", aparecendo pouco tanto nas intenções quanto nos resultados do projeto.

O maior objetivo ainda não atendido no projeto está na evolução do papel do professor e gestão pedagógica. Os relatos sugerem a intenção das escolas em usar o projeto *maker* para formar professores e gestores para metodologias ativas, interdisciplinaridade e no uso pró-ativo do espaço *maker* como espaço frequente de aprendizagem, o que pouco apareceu nos resultados relatados.

4.3 Fatores críticos de Implementação

Para identificar os fatores que mais influenciam no sucesso do projeto, foi-se compilado as respostas para as perguntas de boas práticas de implementação, dificuldades encontradas e sugestões para outras escolas, agrupando-se por similaridade em alguns tópicos, para síntese. O resultado é mostrado no Quadro 7 abaixo, que compila os cinco fatores críticos de sucesso identificados, com uma melhor descrição e discussão de cada um nas seções seguintes.

Quadro 7 - Compilação dos fatores críticos identificados

PRINCIPAIS FATORES CRÍTICOS DE IMPLEMENTAÇÃO	(1) Planejamento da grade curricular e professores responsáveis
	(2) Engajamento e formação contínua de professores
	(3) Recursos e estruturas de apoio
	(4) Engajamento da comunidade de pais
	(5) Gestão do projeto e coerência entre objetivos e implementação

Fonte: autoria própria, 2021

4.3.1 Planejamento da grade curricular e professores responsáveis

Uma das primeiras decisões de implementação que as escolas relataram foi sobre como integrar o projeto na grade curricular já existente. Basicamente, para um

novo tipo de atividade entrar no planejamento didático, outras práticas precisaram ser re-planejadas.

Todas as escolas realizam de uma a duas aulas por semana no projeto maker e foi identificado duas formas de planejamento do tempo curricular: prever uma disciplina específica para o projeto, tendo um espaço de tempo garantido na grade curricular, ou dividir as atividades *maker* entre as disciplinas já existentes, que formam a grade curricular atual.

Para melhor entendimento do modelo e suas implicações, as duas descrições de caso abaixo relatam escolas diferentes e seus modelos de aplicação:

Caso: Horário fixo na grade

Uma gestora de uma das escolas com esse formato relata que o objetivo do projeto é a interdisciplinaridade e a integração do projeto *maker* com o restante do currículo. Porém, apesar de a escola já possuir uma cultura de aprendizagem por projetos, a aderência de muitos professores ao projeto não foi fácil:

> *"O projeto foi implementado em um momento de mudanças dentro dessa perspectiva de trabalhar com uma educação onde o aluno tem um papel de protagonista bem intenso, e isso de certa forma facilitou a implantação. Mas, por ser algo novo, a equipe de professores no início teve um certo impacto; e você precisa mostrar o projeto, explicar o que se propõe e que casa com aquilo com a escola acredita. Isso porque o maior desafio é o engajamento da comunidade com um novo projeto" (escola um, professor).*

Com isso, a decisão foi por criar uma aula específica para o projeto *maker* e escolher dois professores para ministrá-la, que já eram da equipe de educadores locais, na expectativa de que a implementação fosse mais simples e controlada, com menos educadores participando em um primeiro momento. Ao mesmo tempo, a escola carregava a intenção de que, com o tempo, esses professores responsáveis conseguiriam engajar outros educadores da escola no planejamento de projetos interdisciplinares. Ainda como recomendação para outras escolas, outro gestor da mesma escola cita a necessidade de realizar *"oficinas de formação não somente com os professores dedicados ao projeto, mas aproveitar esses momentos para engajar também toda a comunidade"*.

Caso: Projetos distribuídos em diferentes disciplinas

O professor de uma das escolas que adotaram este formato relatou da seguinte forma sua motivação:

> *“Não possuímos uma aula ou um educador maker específico. Se fizéssemos isso, o projeto poderia virar como uma disciplina de educação física, por exemplo - que tem seus objetivos específicos e atua de forma isolada, não se comunicando com o restante da escola. Não é o que queremos para o projeto maker” (escola dois, professor).*

Dessa forma, as atividades *maker* acontecem ora em uma disciplina de geografia, ora com um professor de ciências ou matemática, por exemplo, em uma rotação entre as disciplinas já existentes, que adaptaram seu planejamento didático para encaixar atividades desse tipo.

Ele declara que as aulas estão acontecendo bem e que os alunos estão engajados, citando também que *"já existia uma cultura de projetos e autonomia dos alunos que ajudou na implementação, já havendo uma pré-disposição da comunidade; o que poderia demorar mais em uma escola mais tradicional, por exemplo”*. A gestora da mesma escola reforça a disposição da instituição por projetos abertos, indicando que esse é um dos fatores que explicam a escolha por este formato de organização das atividades *maker* na grade curricular e contribuem para seu bom andamento:

> *"Não acreditamos no "aluno copo de agua", em que vamos enchendo com conteúdos vindos do professor. Queremos atividades pedagógicas que tragam o aluno para uma postura ativa de pesquisar e testar hipóteses, porque acreditamos que o aprendizado é mais efetivo dessa forma. Então, junto com outras propostas pedagógicas de projetos, trouxemos um projeto maker, que foi implementado da mesma forma, interdisciplinar” (escola dois, gestor).*

Ao ser questionado sobre as principais dificuldades, o mesmo professor cita:

> “*Uma das principais é conseguir encaixar os projetos longos na grade curricular. Para não consumir muito tempo de apenas uma disciplina, por exemplo, o projeto é dividido em diferentes professores, gerando uma dificuldade de diálogo entre eles para garantir a condução do mesmo projeto em aulas diferentes no tempo*" (escola dois, professor).

Essa principal dificuldade é mitigada pela atuação desse mesmo professor, que também atua no papel de coordenador de tecnologia educacional, articulando as informações entre todos os professores e é responsável pelo planejamento pedagógico, definindo quais projetos irão acontecer e qual a distribuição de tempo e atividades em cada disciplina envolvida: *"os professores não teriam tempo de aprender algo novo e planejar projetos do zero, ao mesmo tempo".*

Como síntese, o Quadro 8 abaixo compila os dois formatos encontrados de organização da grade curricular, com o principal motivador e desafio relatado.

Quadro 8 - Formatos de planejamento da grade curricular encontrados

Organização	Descrição	Principal objetivo citado	Principal desafio citado
Horário fixo na grade	A escola prevê na grade curricular aulas semanais dedicadas ao projeto *maker*, alocando professores específicos para conduzir as atividades	Facilitar o planejamento pedagógico, garantindo tempo para o projeto e tendo professores especialistas, e a partir disso buscar integração curricular com outras disciplinas	Projeto ficar restrito ao horário delimitado e aos professores escolhidos para conduzi-lo, tendo pouca integração com o restante da escola
Projetos distribuídos em diferentes disciplinas	As atividades *maker* são distribuídas em aulas de disciplinas existentes na grade curricular, sendo conduzidas pelos professores de cada disciplina	Promover integração das atividades *maker* com o currículo escolar e interdisciplinaridade entre as disciplinas escolhidas	Desafios em decorrência de muitos professores envolvidos: garantir entre todos engajamentos, formação necessária e alinhamento contínuo entre aulas diferentes de um mesmo projeto

Fonte: autoria própria, 2021

Por fim, a partir da escolha do formato de organização da grade curricular, as escolas relataram como escolheram a equipe para conduzir as atividades; e foi identificado três perfis distintos:

- Professor escolhido para o projeto, geralmente dedicado a essas atividades e quem concentra a maior carga de formação. Escolher um, ou alguns educadores específicos ao projeto é decorrência do formato de "horário fixo na grade";
- Professores do currículo, que ministram as disciplinas escolhidas para abrigar algumas atividades *maker* no currículo. No formato de "projetos distribuídos em disciplinas", esses professores viram protagonistas das aulas e, por serem um número maior de educadores e não necessariamente estarem muito engajados com o projeto, geralmente demandam o apoio de um especialista *maker* em sala de aula;
- Especialista *maker*, contratado por algumas escolas em uma posição análoga a um "técnico de laboratório", que possui maior conhecimento técnico das ferramentas utilizadas e é responsável por apoiar os professores na preparação e condução das atividades em sala de aula. Pelos dados, pode-se entender que esse perfil é mais necessário no formato de aplicação de "projetos distribuídos em diferentes disciplinas";

Para se entender como esses atores se relacionam com os formatos de organização curricular, o Quadro 9 cruza os atores em sala de aula com o formato escolhido pelas sete escolas analisadas.

Quadro 9 - Atores em sala de aula e formatos de planejamento da grade curricular

Escola	Organização curricular	Quem conduz a aula	Apoio de um especialista *maker*
Escola um	Horário na grade	Professor escolhido	-
Escola dois	Horário na grade	Professor escolhido	-
Escola três	Horário na grade	Professor escolhido	sim
Escola quatro	Horário na grade	Professores do currículo	sim
Escola cinco	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	sim
Escola seis	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	sim
Escola sete	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	sim

Fonte: autoria própria, 2021

O quadro acima sugere um padrão de que o formato “horário na grade" exige a escolha de professores dedicados ao projeto que, realizando um programa de formação mais intenso, pode-se dispensar o apoio de um especialista *maker* adicional ao projeto. Em contra-partida, o formato de “projeto distribuído em disciplinas”, pela complexidade de número maior de professores envolvidos, menor disponibilidade para formação e necessidade de alinhar informações do mesmo projeto entre diferentes professores, praticamente exige o ator especialista *maker*.

Como exceções ao padrão acima, a escola três, embora tenha adotado o formato “horário na grade”, escolheu oito professores diferentes para conduzir as atividades, pela quantidade de turmas e disponibilidade desses educadores; caindo na complexidade descrita acima e necessitando do apoio do especialista *maker*. Ao mesmo tempo, a Escola quatro atua apenas no Fundamental Anos Iniciais e, ao optar pelo formato “horário na grade”, escolheu que todos os seus professores polivalentes fossem responsáveis pela condução da aula, aumentando a complexidade e igualmente necessitando do apoio de um especialista *maker*.

Por fim, a análise das respostas também indica duas boas práticas frequentemente citadas, em cada um dos formatos de organização curricular:

Boa prática com “Horário na grade”: *Professores ecléticos*

As recomendações sobre a escolha dos professores nesse formato sugerem que a boa prática é prezar por um perfil que consiga conduzir bem projetos abertos com os alunos, em vez de um perfil mais técnico ou com experiência prévia nas tecnologias disponíveis no espaço *maker*. Ou seja, é mais fácil aprender o ferramental necessário do que práticas educacionais de condução de projeto, como sugere alguns relatos:

- *“A escolha dos professores para conduzir o projeto é crítica e nós conseguimos acertar, com dois professores sensacionais. Os dois com muita autonomia, muito interessados e que conseguiram pegar rápido a fluência nas tecnologias do espaço. Um era professor de espanhol, com perfil "fuçador" e outra era professora de química, com experiência prévia em um projeto de robótica - os dois já trabalhavam no colégio” (escola um, gestor)*
- *"Não procure professores especialistas em ferramentas de tecnologia ou que necessariamente já tenham tido práticas prévias. Busque professores que acreditam nesse tipo de aprendizado, porque eles irão aprender a manipular as ferramentas específicas e se adaptar rapidamente” (escola quatro, professor).*

Boa prática com “Projetos distribuídos entre disciplinas”: *Grupos pequenos e de interessados*

A maior complexidade relatada nesse formato está em lidar com um grupo grande de professores, escolhidos mais pela organização do horário curricular do que por interesse. A boa prática sugere que grupos menores, com professores que possuem mais perfil e interesse para a prática, é o melhor formato de início:

- *"Em um primeiro momento, fizemos formação com todos os professores e estimulamos o uso, dividindo atividades entre praticamente todos. Na prática, não funcionou e o aprendizado foi que seria melhor ter começado com um grupo pequeno, com maior profundidade, e depois ir engajando*

outros educadores na prática, com o tempo. Por fim, no segundo momento, a escolha de professores se deu não por disciplinas específicas, mas por interesse, o que foi melhor. Aí começou o burburinho positivo na sala dos professores, depois dos primeiros projetos, o que fez aumentar o engajamento" (escola cinco, gestor).

- *"Ainda não há uma cultura de projetos e mão na massa pelos alunos e professores. Temos apenas uma aula por semana nesse formato, com muitos professores participando mas nem todos engajados, e não consigo ver uma boa reflexão de aprendizado por projetos nas aulas. Na minha opinião, o perfil de professores foi determinante - alguns curtiram muito a ideia e deram vazão, mas outros não. Como era um grupo grande, havia dificuldade para fazermos formação de professores: não havia carga horária disponível para uma formação mais intensa" (escola sete, gestor).*

4.3.2 Engajamento e formação continuada de professores

As ações de formação e engajamento de educadores são citadas por todas as escolas e certamente representam um tópico de muita dedicação durante a implementação, apesar dos resultados ainda não satisfatórios, como vimos nas seções anteriores.

Como método, todas as atividades acerca desse fator crítico de implementação, citadas como recomendações, ações ou dificuldades encontradas, foram priorizadas segundo incidência de citação e agrupadas por similaridade, originando quatro boas práticas centrais, como indica o Quadro 10.

Quadro 10 - Compilação de boas práticas com os professores

RECOMENDAÇÕES MAIS CITADAS **Engajamento e formação de professores**
(a) Estruturar uma boa formação inicial, para além do workshop de introdução
(b) O projeto crescerá tanto quanto a gestão escolar estiver próxima
(c) Nada engaja mais o professor que uma atividade bem integrada à sua disciplina
(d) Percalços virão. A única forma de amadurecer é garantir reflexão e formação constante

Fonte: autoria própria, 2021

Para a recomendação (a) Estruturar uma boa formação inicial, para além do workshop de introdução; as entrevistas indicam que é comum e recomendável realizar momentos de apresentação do projeto para toda a comunidade de educadores, geralmente com atividades mão na massa. Para além desses momentos, estruturar um programa de formação aprofundada para os professores mais envolvidos é ainda mais importante para garantir a boa condução das atividades, como nos indicam algumas falas:

- *"Nós fizemos algumas oficinas, não capacitando apenas os professores do maker, mas chamamos todos os professores para mostrar o que é possível fazer em sala de aula ao trabalhar o currículo dessa forma" (escola um, gestor).*
- *"Tivemos oficinas em grupos com os professores, com desafios maker, e foi muito legal. E isso foi uma base para nos apaixonarmos pelo projeto" (escola três, gestor).*
- *"A principal dificuldade que encontramos foi [como professores] não termos tempo para formação e planejamento das atividades. Como são muitos professores e em um dia a dia corrido e a escola não investiu em garantir mais espaço, as formações são rasas e não cumprem nem o papel de evoluir a mentalidade de aprendizado nem o ferramental necessário para lidar com as tecnologias do espaço" (escola sete, professor).*

- *“Como recomendação, ter tempo disponível para formação de professores e fazê-las majoritariamente com mão na massa, para que o professor se coloque no papel do aluno e experimente a proposta como aprendente”* (escola quatro, gestor).

Na recomendação de (b) O projeto crescerá tanto quanto a gestão escolar estiver próxima, os entrevistados indicam que os professores percebem o envolvimento da gestão como um indicador de o quanto o projeto de inovação é realmente intenção da escola, além de se sentirem valorizados e estimulados a evoluir sua prática em sala de aula para conduzir projetos abertos e criativos:

- *“É igualmente necessário trabalhar o entendimento dos objetivos do projeto com a equipe gestora, para que eles se apropriem como sua atividade. Não dá para delegar a responsabilidade para o professor ou alguma empresa contratada”* (escola dois, gestor).
- *"Eu [como diretora da escola] fui lá desde a primeira formação para colocar a mão na massa e aprendi a fazer uma boneco de massinha que acendia um LED. Na verdade, não acendeu direito e descobri que eu era péssima para isso, também queimando meu dedo na solda. Mas eu precisei sair da minha zona de conforto e entender o porquê era importante para nós como escola e, a partir daí, defender o projeto e amadurecer junto com nossa comunidade de professores”* (escola quatro, gestor).
- *"Acho que a liberdade que a escola dá para o professor fez toda a diferença, estimulando sua autonomia. Os gestores acompanham o que está acontecendo e nos deixam confortáveis para alterar o planejamento inicial das atividades ou dos recursos de planejamento que a escola providenciou”* (escola seis, professor).
- *“Como recomendação, a gestão participar ativamente das formações e do planejamento dos professores. No início, quando não deu certo, deixamos mais solto. Agora, eu [como diretora] e a coordenação nos envolvemos ativamente”* (escola cinco, gestor).

Quanto à (c) Nada engaja mais o professor que uma atividade bem integrada à sua disciplina, o desejo pela integração entre atividades *maker* e currículo já foi

discutido na seção sobre Objetivos e Resultados do projeto. Dessa forma, algumas falas das escolas indicaram a boa prática de facilitar o planejamento inicial das atividades, com apoio da gestão ou recursos externos, para que o engajamento dos educadores fosse acontecendo também ao longo da prática:

- *"A maior dificuldade é convencer o professor de que não é um conteúdo a mais para dar conta, mas sim uma abordagem nova que serve como ferramenta para os objetivos atuais. Para isso, prezamos por um planejamento pedagógico rigoroso, linkando cada atividade maker com objetivos de aprendizagem claros dentro das disciplinas atuais, para que o professor se engaje. O movimento é sempre o de olhar o currículo que a escola quer desenvolver e pensar como potencializá-lo a partir de uma ferramenta pedagógica de cultura maker"* (escola cinco, gestor).
- *"Os professores só começaram a se engajar quando começaram a ver os projetos associados a seus objetivos específicos da disciplina" (escola quatro, professor).*

Em linha com esses relatos, quando perguntados sobre bons casos de atividades *maker* realizadas na escola, os professores e gestores majoritariamente descreviam, com muito entusiamo, os projetos que tiveram maior integração com o currículo escolar, tais como:

- Construção de lupas no espaço *maker* para que os alunos fizessem roteiros de observação pela escola, dentro da disciplina de ciências nos Anos Iniciais;
- Projeto de um teatro de sombras, construindo artefatos a partir de diferentes materiais, para refletir sobre propriedades de diferentes materiais quando iluminados, nos Anos Iniciais;
- Construção de um dominó de palavras, na disciplina de lingua portuguesa, para uso em sala de aula;
- Modelagem 3D de figuras e personagens interessantes aos alunos, usando sólidos geométricos, após a aula de introdução em matemática sobre o assunto, no 5o ano;

- Criação de modelos físicos que reproduzem o funcionamento de neurônios, usando massinha, LEDs e baterias;
- Construção de estruturas flutuantes, que simulavam caravelas, e uma consequente competição entre turmas quando sopradas por um ventilador. Os alunos tinham liberdade na escolha de materiais e um grupo, por exemplo, usou cola branca em um projeto bem estruturado, mas que se dissolveu na agua no início da competição, causando uma reflexão de o porquê;
- Projeto com o tema de "acessibilidade" e criação de protótipos que visavam tornara a escola mais acessível;
- Grupo de alunos (8 a 10 alunos) projetando do zero e construindo um balão dirigível controlado por celular, montando placas de circuito impresso, peças em modelagem 3D e programação de software; tendo se relacionado com conceitos de eletrônica próprios do EM, mas indo além do que a sala de aula daria de profundidade;
- Criação de jogos com corpo que não existem, simulando uma olimpíada de esportes criados pela sala, usando artefatos criados no espaço *maker*, tendo integração com os professores de educação física;
- Grupos estudando diferentes países da Europa em projetos, usando o espaço *maker* para materializar monumentos diferentes que mais os chamaram atenção, nos Anos Iniciais.

Por fim, quanto à recomendação (d) Percalços virão. A única forma de amadurecer é garantir reflexão e formação constante, os entrevistados lembram a necessidade de estimular a postura de um professor atuante-reflexivo, como sugerido por Schon (1987), garantindo espaços para diálogo entre educadores sobre os resultados, boas práticas e dificuldades, amadurecendo a concepção de aprendizagem e práticas relacionadas ao contexto *maker.* Essa recomendação é especialmente marcada pela experiência de uma das escolas, há mais tempo com o projeto e com bons resultados alcançados, através das declarações:

- *"A proposta é um convite para a própria comunidade escolar experimentar esse tipo de prática e ir aperfeiçoando com o tempo. É irreal pensar que*

logo no inicio as atividades acontecerão de forma fluida, cumprindo objetivos pedagógicos e super engajantes para os alunos. É preciso paciência" (escola quatro, gestor).

- *"A recomendação é: não desistir. O projeto vai ter altos e baixos"* (escola quatro, professor).
- *"Só dá certo se tiver formação de professores constante, não só para introduzir o projeto"* (escola dois, gestor).
- *"Capacitação inicial de professores é sobretudo para engajamento; depois, um espaço permanente de evolução [no caso, formações 1x mês e alinhamento de planejamento 1x semana] é que vai fazer a diferença"* (escola três, gestor).
- *"Criar um ambiente de troca e abertura ao erro dentro da equipe de gestão do projeto e professores, em um diálogo contínuo e que tem significado também dentro das jornadas pessoais à inovação de cada um dos envolvidos - não é só o projeto crescendo, mas também cada educador participante"* (escola quatro, gestor).
- *"Precisamos entender a implementação desses projetos como se fossem rodar MVPs [Minimum Viable Products], em uma gestão iterativa de projetos de inovação na escola"* (escola quatro, gestor).
- *"Precisamos entender quais 'competências' desenvolver na equipe gestora e professores para que o projeto tenha sucesso, e garantir isso com o tempo, a partir de observação de sala de aula e feedbacks contínuos. Caso contrário, as formações servirão apenas fomentar um entendimento técnico de possibilidades maker ou um entendimento pedagógico raso, separado da prática educacional"* (escola quatro, gestor).

4.3.3 Recursos e estruturas de apoio

Assim como no fator crítico de sucesso anterior, as recomendações sobre "recursos e estruturas de apoio" foram priorizadas segundo incidência de citação e

agrupadas por similaridade, dando origem às recomendações mais citadas, compiladas no Quadro 11.

Quadro 11 - Compilação de boas práticas sobre recursos e estruturas de apoio

RECOMENDAÇÕES MAIS CITADAS **Recursos e estruturas de apoio**
(a) Comece com os materiais e espaço que conseguir, ainda que simples
(b) Um apoio técnico no espaço *maker* deixará todos mais seguros
(c) Recursos pedagógicos externos aceleram a implementação
(d) Garanta uma coordenação interna para articulação do projeto

Fonte: autoria própria, 2021

Em linha com as citações descritas na seção de Objetivos e Resultados, descrevendo uma baixa priorização no desenvolvimento de letramento tecnológico com os alunos, as escolas também indicaram que o nível de sofisticação do espaço *maker* não deve ser uma preocupação na implementação do projeto. É uma prática comum começar com ferramentas e um espaço simples, ou mesmo sem um espaço dedicado ao projeto, e seguir incrementando esse tipo de recurso com o tempo.
Algumas citações que ilustram a recomendação de (a) Comece com os materiais e espaço que conseguir, ainda que simples são:

- *"A ultima preocupação foi o espaço físico: o projeto começou em um espaço multi-uso, com materiais simples e sem fabricação digital. Em um segundo momento, fizemos um espaço dedicado e um upgrade de ferramentas disponíveis"* (escola sete, gestor).
- *"A escola não criou um espaço dedicado, mas sim um "carrinho maker", que concentra materiais e ferramentas específicas. As atividades são realizadas em espaços multi-usos ou em até áreas abertas da escola"* (escola três, gestor).

- *“No início, o laboratório de ciências foi adaptado em um espaço multiuso para também abrigar o projeto maker, e deu super certo”* (escola quatro, professor).
- *"Fizemos um espaço dedicado para as atividades, mas entendemos que não precisávamos ter todos os recursos logo no início. Muita coisa nem foi utilizada no início”* (escola seis, professor).

Quanto à recomendação de (b) Um apoio técnico no espaço *maker* deixará todos mais seguros, vale ressaltar que, como discutido na seção sobre atores e grade curricular, a incidência dessa recomendação surgiu majoritariamente das escolas que utilizam o modelo de “projetos distribuídos em diferentes disciplinas”.

Esse apoio técnico se refere a um “especialista *maker*”, geralmente um profissional contratado ou um professor interno que se dedica a uma formação técnica mais aprofundada, que tem o papel principal de apoiar os professores no preparo e execução das atividades *maker*, sobretudo no uso de ferramentas e manipulação criativa de materiais.

Porém, a principal observação sobre esse ator é quanto ao perfil: as escolas relataram o aprendizado de possuir alguém com esse papel, mas prezar por um perfil menos de especialidade técnico e mais de fluidez técnica, mas com competência relacional e que consiga fomentar aprendizagem baseada em projetos.

Os relatos abaixo ilustram a recomendação:

- *"Primeiro, entendemos que precisava ser alguém da area de tecnologia, um super especialista que conseguia mexer com impressora 3D, corte à laser e etc. Mas aí entendemos que não era exatamente isso e fomos buscar alguém que tivesse um olhar de educador e que gostasse de mão na massa - o mais importante é alguém que esteja muito conectado com o projeto, seja flexível, tenha curiosidade para aprender e se relacione bem com professores e alunos. Hoje, temos um "orientador maker", que tem formação em arquitetura, mas se identifica como educador”* (escola cinco, gestor).
- *"Professores demandam um técnico de laboratório para suportar o uso de ferramentas e fabricação digital, sobretudo. Não faz sentido esperar esse*

conhecimento de um professor ou esperar que um profissional técnico tenha a competência pedagógica de lidar com os alunos. Só funciona se for uma dupla em sala de aula" (escola sete, professor).

- *"É necessário um apoio técnico para a sala de aula com um profissional à parte, com perfil com mais facilidade técnica. A aula é sempre uma dupla com o professor"* (escola três, gestor).
- *"Um dos meus principais papéis, como apoio maker, é ajudar os professores a prototiparem as atividades antes das aulas, para que eles se sintam mais confortáveis em conduzir a aula com os alunos. Durante a aula, eles conduzem e eu apoio cada grupo de alunos"* (escola quatro, professor).
- *O que faz muita diferença é o cuidado com o educador, a partir de uma equipe de apoio: ajudar o professor no pré e durante as aulas, garantindo uma boa experiência para ele. Essa experiência prazerosa é que o incentivará a fazer mais e melhor"* (escola quatro, gestor).

Por fim, cruzando-se a discussão de perfil do especialista *maker* e o formato de aplicação, o Quadro 12 abaixo indica a existência ou não desse profissional e seu perfil, de acordo com os diferentes formatos de aplicação.

Quadro 12 - Perfil do especialista *maker*, quando há

Escola	Organização curricular	Quem conduz a aula	Perfil do especialista *maker*, quando houver
Escola um	Horário na grade	Professor escolhido	-
Escola dois	Horário na grade	Professor escolhido	-
Escola três	Horário na grade	Professor escolhido	Designer com experiência prévia em educação não-formal
Escola quatro	Horário na grade	Professores do currículo	Designer, com experiência prévia em fabricação digital
Escola cinco	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	Professora de ciências, com perfil mão na massa
Escola seis	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	Arquiteto, com experiência prévia em educação não-formal
Escola sete	Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	Professor de robótica, já da escola

Fonte: autoria própria, 2021

Sobre (c) Recursos pedagógicos externos aceleram a implementação, muitos gestores/professores indicaram a boa prática de utilizar recursos pedagógicos sobre atividades *maker* para auxiliar no planejamento, uma vez que estes materiais já indicam dicas de condução, materiais necessários, tempo sugerido ou vínculos com disciplinas específicas, acelerando o planejamento e integração curricular. Quando foi citado, esses recursos eram tanto contratados quanto acessados em repositórios gratuitos pela internet, em português ou inglês. Ao mesmo tempo, é apontado o cuidado para que recursos externos não tirem o protagonismo dos educadores.

Algumas citações são:

- *"Ter projetos prontos nos ajudou muito, porque começamos a escolher quais projetos iríamos realizar, e eles já estavam pré-prontos, com indicação de quais materiais utilizar e como conduzir com os alunos. Os*

professores não teriam tempo de aprender algo novo e planejar projetos do zero, ao mesmo tempo - seria muita novidade" (escola dois, professor).

- *"Tivemos também uma assessoria externa para apoio pedagógico e para apoiar professores no planejamento"* (escola um, gestor).
- *"Foi essencial termos recursos externos para planejar, para ter de onde partirmos, mas não se prenda a eles, para também estimular o protagonismo dos educadores envolvidos"* (escola quatro, gestor).
- *"Tem que ter um bom planejamento prévio e estudá-lo bem. Se não, você não consegue questionar direito os alunos e não consegue trabalhar de forma interdisciplinar. Ter um bom planejamento é base para saber por onde começar e como engajar outros professores para refinaras atividades. Isso faz toda a diferença"* (escola seis, professor).

Por fim, a recomendação de (d) Garanta uma coordenação interna para articulação do projeto está associada geralmente a um papel de coordenação de tecnologia educacional ou do segmento educacional onde o projeto está sendo implementado, com a função de sanar todas as necessidades para além da execução das atividades, tais como: planejamento pedagógico, alinhamento de informações, reposição de materiais, manutenção de ferramentas e articulação entre todos os atores.

- *"Fiz um planejamento interno. Eu li vários projetos de atividades e os distribuí por disciplina, área e tempo para montar um cronograma e sugerir aos professores. Porque se esperássemos isso dele, ele não iria fazer - professores sempre têm um monte de outras coisas para fazer"* (escola dois, professor).
- *"Uma das recomendações é ter uma equipe dedicada ao projeto (coordenação de tecnologia educacional + professora responsável), que irão cuidar dos vários detalhes do projeto"* (escola quatro, gestor).
- *"Ter uma coordenação de tecnologia educacional, focada na articulação do projeto com os professores, foi fundamental. É quem faz acontecer aqui na escola"* (escola dois, gestor).

4.3.4 Engajamento da comunidade de pais

Embora o tópico de engajamento da comunidade de pais tenha aparecido pouco nas declarações sobre os objetivos do projeto, a incidência do assunto nos relatos de implementação foi muito alta. A maioria das escolas citou atividades relacionadas ao tópico, o que o justificou ser categorizado como um fator crítico de implementação. Usando o mesmo método de agrupamento dos fatores críticos anteriores, as principais recomendações são indicadas no Quadro 13 abaixo.

Quadro 13 - Compilação de boas práticas sobre engajamento das famílias

RECOMENDAÇÕES MAIS CITADAS **Engajamento da comunidade de pais**
(a) Pais entendem o projeto colocando a mão na massa
(b) Produtos finais exibíveis ajudam como evidência de aprendizagem

Fonte: autoria própria, 2021

A primeira recomendação surge a partir de ações comuns em convidar as famílias para momentos de apresentação do projeto, realizando atividades *maker* com pais e alunos, sendo indicadas como uma boa prática.

A segunda trata da dificuldade em tangibilizar os resultados do projeto, tanto do ponto de vista de avaliação da aprendizagem quanto do engajamento das famílias, que carregam expectativas sobre os objetivos anunciados. Nesse sentido, as escolas relataram uma preocupação em escolher projetos que possam gerar produtos finais atraentes e exibí-los no dia a dia escolar ou em eventos específicos com a comunidade de pais.

Abaixo, o compilado de algumas frases que ajudam a compreender as recomendações citadas:

- *"Uma dificuldade no início era tornar o programa visível para as famílias. Nos primeiros meses, fizemos então um sábado Maker, que foi um dia todo*

de atividades. Para quem veio, foi uma experiência de alto engajamento e conseguimos tornar visível o objetivo do projeto" (escola um, gestor).

- *"O produto final da atividade maker é muito importante, porque esse entregável deixa claro que o aluno conseguiu começar e terminar um item, respaldando seu aprendizado e tangibilizando os objetivos do projeto para os pais em casa e para o professor"* (escola cinco, gestor).
- *"Que os entregáveis dos alunos sejam o mais exibível na escola possível. Porque quando você consegue mostrar o que está ocorrendo em sala de aula, atingimos o tripé que sempre olhamos: professor, aluno e comunidade de pais. Quando você consegue exibir os projetos ao longo do caminho, aí não precisa ficar criando eventos para engajar os pais"* (escola dois, professor).
- *"Engajamento dos pais é crítico e acontece a partir da reflexão deles de: 'por que isso é importante para meu filho?'. Para a escola particular, isso é extremamente necessário para financiar o projeto e garantir que o esforço e investimento interno resultem em percepção de valor para as famílias. Hoje, o engajamento de pais é uma dificuldade que temos"* (escola dois, gestor).
- *"No final do ano, fizemos uma grande feira de exposição dos projetos dos alunos, trazendo as famílias para atividades rápidas mão na massa e para ouvirem dos alunos o que eles tinham criado e porquê"* (escola três, gestor).

4.3.5 Gestão do projeto

Por fim, o ultimo fator crítico de sucesso se relaciona ao planejamento e gestão do projeto, ação geralmente atribuída à equipe gestora das escolas, mas que também foram comentadas pelos professores, positiva e negativamente. As duas recomendações identificadas são registradas no quadro abaixo.

Quadro 14 - Compilação de boas práticas sobre gestão do projeto

RECOMENDAÇÕES MAIS CITADAS **Gestão do projeto**
(a) Coerência entre objetivos e implementação
(b) Competências para gerir um projeto de inovação

Quanto à primeira recomendação, interessante notar que os fatores críticos anteriores, sobretudo (i) a (iii), relacionados ao planejamento da grade curricular, ações com professores e estruturas de apoio, possuem formas diferentes de organização. Portanto, montar a melhor combinação entre essas possibilidades, de acordo com cada realidade escolar, é uma ação crítica de sucesso do projeto, se relacionando com a coerência entre objetivos e decisões de implementação. Sobre essa coerência, as seções anteriores indicam um padrão predominante de combinação, indicado no Quadro 15.

Quadro 15 - Padrão de combinação entre variáveis observados

Organização curricular	**Quem conduz a aula**	**Presença de um especialista *maker* em sala de aula**	**Atuação de uma figura de coordenação**
Horário na grade	Professor escolhido	Geralmente não	Atuação mais branda, provavelmente pela maior autonomia dos professores escolhidos
Projetos distribuídos em disciplinas	Professores do currículo	Geralmente sim	Coordenação muito ativa, sobretudo no planejamento e articulação entre professores

Fonte: autoria própria, 2021

Basicamente, escolas que optam por uma implementação via horário fixo na grade curricular também escolhem um professor único para acompanhá-las, não possuindo necessidade de contratar um especialista técnico para suporte e exigindo menos esforço de coordenação. Ao contrário, escolas que optam pela distribuição dos projetos em diferentes disciplinas, envolvendo um grupo de professores curriculares, necessitam de um especialista técnico para acompanhar as atividades e demandam bastante de uma figura de coordenação do projeto.

Ainda sobre coerência entre objetivos e implementação, as recomendações indicam a necessidade de planejamento de recursos para garantir que as decisões de implementação tenham o suporte necessário. Por exemplo, se a escola optar por envolver muitos professores nas atividades, é necessário garantir a devida formação inicial e o espaço de aprimoramento de práticas para todo o grupo, como visto nas recomendações.

Quanto à recomendação de competências para gestão do projeto pós planejamento inicial, os entrevistados trouxeram relatos de dificuldades vividas e resultados alcançados apenas baseados em avaliações subjetivas, a partir da percepção dos atores envolvidos, sem apresentar indicadores de gestão ou uma organização estratégica no tempo. Apenas uma escola citou uma boa organização nesse sentido, ressaltando uma boa consciência de que, diante da incerteza de um novo projeto na escola, o papel da gestão seria o de organizar e gerir experimentos de práticas, analisar resultados em conjunto e re-orientar a prática de forma constante, características de gestão de projetos de inovação.

Por fim, os relatos abaixo ajudam na compreensão das experiências vividas nesse fator crítico de sucesso para a implementação:

- *"É preciso entender se a proposta do projeto maker é coerente com os objetivos pedagógicos da escola. Para ser fiel aos princípios do projeto, isso exigirá da escola ir além do ensino de tecnologia e fomentar projetos abertos que podem ser interdisciplinares"* (escola um, gestor).
- *"Recomendo a escola entender bem o porquê do projeto em sua proposta e ser coerente sobre como se organiza para isso: como projetar na grande, quanto investir em formação de professores e comunicação para famílias. Tem que encaixar bem na realidade"* (escola dos, gestor).

- *"É necessário fazer uma análise de custo para que o projeto não fique sem subsídio no meio do caminho. Se o professor não tem uma formação adequada e não há verba para contratar um técnico de apoio, por exemplo, o projeto não anda. Não dá para querer um objetivo com o projeto e não se preparar para o que é necessário para alcançá-lo"* (escola sete, professor).
- *"No início, não havia clareza da proposta pedagógica do projeto, o que nos atrapalhou em fazer bem feito depois. Maker é uma pedagogia de projetos, que tem um aspecto de materialização como instrumento de aprendizagem. Sendo uma pedagogia de projetos, é uma mudança de paradigma e não dá para implementar em uma cultura tradicional de aprendizagem. A liderança precisa estar comprada e incentivar interdisciplinaridade, precisa de tempo de formação e planejamento de professores; e todos entenderem que o uso do tempo de aula será diferente. Isso ainda é uma dificuldade para nós"* (escola sete, gestor).
- *"Nós usamos uma ferramenta de gestão estratégica para planejar os objetivos de inovação do colégio para os próximos anos. Com isso, sabemos, por exemplo, que esse ano o foco é implementação e engajamento dos professores, mas que ano que vem precisamos avançar em avaliação por projetos. Sem essa estruturação estratégica, nada caminha"* (escola quatro, gestor).

4.3.6 Compilação dos fatores críticos de sucesso e recomendações

Em resposta à Questão de Análise "QA2: Quais são os principais fatores críticos na implementação dessas atividades e seus principais aprendizados, visando o sucesso do projeto?", o Quadro 16 abaixo oferece uma compilação dos principais resultados encontrados com o grupo de escolas, aglutinando a indicação dos fatores críticos e suas principais recomendações.

Quadro 16 - Compilação dos fatores críticos de sucesso para implementação e as principais recomendações associadas a cada um

FATORES CRÍTICOS DE IMPLEMENTAÇÃO E RECOMENDAÇÕES	
(i) Planejamento da Grade Curricular e professores Responsáveis	Escolher entre modelo “Horário na Grade” ou “Projetos distribuídos em disciplinas”
	Escolher a presença ou não de um especialista *maker* em sala e o papel da coordenação, de acordo com o modelo de organização curricular acima
(ii) Engajamento e formação contínua de professores	Estruturar uma boa formação inicial, para além do workshop de introdução
	O projeto crescerá tanto quanto a gestão escolar estiver próxima
	Nada engaja mais o professor que uma atividade bem integrada à sua disciplina
	Percalços virão. A única forma de amadurecer é garantir reflexão e formação constante
(iii) Recursos e estruturas de apoio	Comece com os materiais e espaço que conseguir, ainda que simples
	Um apoio técnico no espaço *maker* deixará todos mais seguros
	Recursos pedagógicos externos aceleram a implementação
	Garanta uma coordenação interna para articulação do projeto
(iv) Engajamento da Comunidade de Pais	Pais entendem o projeto colocando a mão na massa
	Produtos finais exibíveis ajudam como evidência de aprendizagem
(v) Gestão do projeto e coerência entre objetivos e implementação	Coerência entre objetivos e implementação
	Competências para gerir um projeto de inovação

Fonte: autoria própria, 2021

4.4 Discussão e síntese

Por fim, essa seção concentra-se basicamente em responder à Questão de Análise "QA3: Na comparação entre os dados obtidos e a literatura sobre atividades *maker*, o que pode ser entendido como principais convergências e principais lacunas?"

A partir das compilações dos principais Objetivos/Resultados encontrados e Fatores Críticos de Sucesso para implementação, abordados anteriormente, a análise a seguir dedica-se a comparar os dois grupos de dados em busca de principais discussões que ofereçam entendimentos adicionais sobre a implementação de projetos *maker* e o que pode ser feito para aumentar os resultados desejados, a partir dos relatos encontrados e o que a revisão de literatura oferece.

(i) Percepção positiva de alto engajamento e desenvolvimento dos alunos

Como apontado pelo Quadro 8, comparando os objetivos e resultados, o principal resultado alcançado pelas escolas participantes do estudo, e também apontado como uma das principais intenções do projeto, é a percepção positiva de engajamento e desenvolvimento dos alunos. Os resultados alcançados nesse tópico foram registrados como:

- Mudança de comportamento nos alunos, sugerindo desenvolvimento de autonomia, protagonismo e competências de resolução de problemas;
- Alunos com postura de aprendizagem ativa, extrapolando aprendizados e uso do espaço *maker* para além das aulas programadas;
- Engajamento dos alunos e *feedback* positivo durante as atividades.

São resultados muito citados na literatura, potencialmente indicando que as escolas de fato têm realizado atividades *open-ended* que estimulam a autonomia e o pensamento criativo dos alunos.

Quanto à mudança de comportamento observada nos alunos, especialmente para com os relatos de maior resiliência e facilidade em lidar com o erro em projetos, Krishnamurthi et al. (2013) indicam a observação de que alunos de atividades *maker*

apresentam menos resistência a atividades classificadas como “muito complexas”, além de apresentarem uma abordagem mais iterativa em projetos, ou seja, mais aberta à experimentação. Os autores também indicam que os alunos demonstram mais interesse pelas disciplinas de STEM.

Em um estudo focado em mudança de percepção de identidade dos alunos, Worsley e Blikstein (2012) evidenciam mudanças no discurso quanto ao auto-reconhecimento sobre habilidades de resolução de problemas e criação de códigos de computadores. Em comparação com os resultados indicados pelas escolas, as evidências quanto às habilidades de resolução de problemas são observadas, mas não foram evidenciadas observações ligadas ao maior interesse pelos alunos em STEM ou tecnologias presentes no espaço *maker* - talvez reflexo da baixa intenção das escolas nesse tópico, como visto nos resultados.

Quanto ao engajamento dos alunos, Chu et al. (2017) analisa os espaços *maker* carregam um alto potencial nessa direção, defendendo que sejam espaços sempre divertidos para os alunos, incentivando um processo de experimentação, curiosidade e imaginação, ao mesmo tempo que permite um sentimento de missão cumprida e compartilhamento com colegas. Esse foi um componente comum no discursos dos gestores e professores, mas não foi evidenciado os principais fatores que levam a este engajamento, sendo uma questão em aberto o quanto ele irá permanecer no tempo ou se tal ânimo dos alunos se deve apenas à novidade do projeto, em vez da qualidade das atividades.

De qualquer forma, os relatos positivos para com os alunos se mostraram como uma validação da qualidade e potencial do projeto, sendo aparentemente o motivador para que as escolas participantes continuem com o projeto *maker* e se esforcem para sua melhoria, sendo o principal resultado positivo encontrado.

(ii) *Lacuna de eficácia nas ações com professores: ainda com ações e recursos, pouca evolução da prática pedagógica.*

Como um dos principais objetivos citados para o projeto, mas com pouca aparição nos resultados alcançados, está a relação com professores e o fato de usar o projeto *maker* para mudanças de concepção pedagógica desejadas pela escola:

- Fomentar a evolução do papel do professor e gestão pedagógica para metodologias ativas de aprendizagem.

Os objetivos abaixo, ainda que menos evidenciados, também surgem como pouco citados nos resultados, reforçando a tese de que as escolas estudadas têm sido, no geral, pouco eficazes no engajamento e integração entre atividades *maker* e currículo escolar para um grande grupo de educadores:

- Fomentar interdisciplinaridade entre as disciplinas;
- Outros professores usando o espaço ou fazendo links de suas disciplinas.

Interessante observar que grande parte das recomendações de implementação se relacionam com ações com professores, tanto diretamente no fator crítico de “Engajamento e formação crítica de professores” quanto de forma indireta nos fatores de "Planejamento da grade curricular e professores responsáveis” e "Recursos e estruturas de apoio”, uma vez que envolvem decisões da escola para melhorar suportar, engajar e envolver os educadores no projeto *maker*.

A partir dessas recomendações, de fato algumas escolas relataram sucesso no envolvimento de educadores para além de um pequeno grupo que se relaciona inicialmente com o projeto. Porém, a análise geral dos dados indica um tópico ainda com muito esforço e pouco resultado, o que sugere uma lacuna a ser melhor estudada ou aprimorada em novas implementações de projetos *maker*. Ou seja, para além das recomendações identificadas, é necessário buscar melhores alternativas e atividades para que os objetivos citados acima sejam melhor alcançados.

De fato, a literatura de atividades *maker* escolares identifica esse desafio com professores, mas oferece poucas ferramentas ou estudos de caso para apoiar um método de formação ou outras atividades pela gestão escolar. Tesconi e Arias (2015) cita sobretudo o desafio de gestão emocional do professor, ao lidar com muitos grupos de alunos em projetos abertos dentro de restrições de tempo oferecidas pela organização tradicional escolar; e sugere um processo formativo que envolve iniciação, prática em sala de aula e um "laboratório permanente de práticas", para progresso ao longo de anos. Na mesma direção, Justice (2015) acompanhou 22

professores realizando atividades *maker* em projetos abertos e conclui que, para esse grupo, houve uma enorme dificuldade em mudar para uma concepção de aprendizagem em que há menos controle sobre cada etapa de uma atividade ou do processo de experimentação de cada grupo.

Em uma importante referência nacional, De Moura (2020) constata o mesmo desafio, devido a práticas que "exigem uma nova conduta do trabalho docente e das competências do professor, provocando por sua vez um repensar sobre a formação docente, abrangendo um ensino criativo e significativo do currículo". A partir de entrevistas e análise de casos no Brasil e nos EUA, a pesquisa propõe uma sistematização de quatro pontos fundamentais para gestão de uma sala de aula *maker* - o tempo, o espaço, o currículo e as relações interpessoais; discutindo as decorrentes competências necessárias à prática educativa maker e como proporcionar uma formação docente que possa concebê-las.

Em complemento, talvez uma análise bibliográfica sobre pedagogia de projetos ou metodologias ativas de aprendizagem, mais amplas que as atividades *maker* em si, possa oferecer novas perspectivas sobre o tópico, além de novos estudos de caso para mapear ações de maior eficácia nessa direção.

(iii) *Lacuna de visibilidade do aprendizado, para além do produto final.*

O assunto de engajamento da comunidade de pais foi bastante explorado pelas escolas nas descrições de atividades e recomendações para implementação, sendo categorizado como um fator crítico de sucesso para iniciar o projeto *maker* em uma escola. Dessa forma, apesar do tópico ter surgido como um dos objetivos menos citados na primeira seção, pode-se entender que de fato é um objetivo relevante.

Em contrapartida, apesar das muitas ações descritas e da preocupação constante em mostrar o projeto e seus resultados para os pais, o tópico foi classificado como apresentando pouco resultado, sendo representado pelo item "bom marketing para famílias" nos resultados menos citados, também no Quadro 8. Essa diferença entre intenção e resultados alcançados até então indicam também uma possível lacuna de eficácia nas ações realizadas para engajamento da

comunidade de pais, podendo ser alvo de estudos futuros e de novas ações por parte das escolas, além das já descritas como boas práticas atuais.

De acordo com os relatos, as ações com pais têm êxito quando pretendem apresentar o projeto e engajar inicialmente a comunidade, geralmente com atividades mão na massa na própria escola. Porém, apresentam poucas ferramentas para evidenciar o valor do projeto para os pais ao longo do tempo. O recurso mais descrito são feiras de exibição de protótipos finais, o que carrega um potencial conflito com a natureza das atividades de experimentação e *open-ended* - se os projetos valorizarem demais a beleza ou estrutura de um produto final, podem perder a atenção necessária ao processo, onde ocorre o aprendizado e exploração do aluno. Nesse sentido, a lacuna de envolvimento dos pais pode direcionar novos estudos e ações na linha de tangibilizar o aprendizado do aluno, e não apenas o produto final.

De fato, sobre esse tópico, Blikstein e Worsley (2016) apontam para o risco de uma supervalorização do produto final, indicando que examinar de forma significativa o trabalho dos alunos em atividades *maker* requer uma mentalidade diferente de métodos de avaliação convencionais. Em vez de uma “cultura de produto final”, na qual o sucesso é determinado pela qualidade de um produto mostrado em uma feira escolar, o aprendizado dos alunos durante o processo deve ser o mais explorado. Alunos precisam saber que estão sendo avaliados, por exemplo, sobre como colaboraram com seus pares, como organizaram seu trabalho e o quanto saíram da sua zona de conforto cognitivo. Ou seja, segundo os autores, deve-se mostrar o que realmente importa para o aprendizado, dando visibilidade aos pais e alunos sobre o que se espera que seja desenvolvido e o que de fato o foi.

Ainda na literatura, apesar de muitos estudos de *Educational Data Mining* (EDM) ou estudos com câmeras e equipamentos de sensores por Blinkstein (2013; 2014) serem de uso científico para gerar dados em baixa escala, e apesar de não haver ferramentas consolidadas de avaliação, há muitos relatos que podem inspirar a criação ou apenas a adaptação de instrumentos para melhor gerir o projeto *maker*. Christensen et al. (2016) propõe um framework de avaliação de projetos open-ended, o *Design Literacy* (DeL) *Assesment Tool*, que sugere questões abertas aos alunos para analisar seu entendimento sobre abordagem de resolução e problemas

e propõe uma classificação de avaliação; Stupple (2017) propõe uma ferramenta de análise qualitativa sobre o aprendizado da competência de pensamento crítico, com expectativas de aprendizagem e questões abertas para análise subjetiva, parecido com a sugestão de uma rubrica de evidências de aprendizagem baseadas no comportamento dos alunos, proposta por Petrich, Wilkinson e Bevan (2013). Por fim, Strunk e Willis (2017) sugerem um caminho pela literatura recente de *badges* para avaliação, inspirando formatos de documentação para os alunos da avaliação de aprendizagem. Uma melhor análise da literatura com esse viés ou a adaptação de ferramentas de avaliação para uso em escala podem ser objetos de estudos futuros.

(iv) *Lacuna de gestão do projeto: otimizar resultados não apenas com percepções*

Por fim, ao analisar as respostas sobre "resultados alcançados" e "indicativos de que as atividades estão cumprindo o objetivo pedagógico", um dos fatos que mais se destaca é a falta de indicadores para as escolas afirmarem sobre suas conquistas e o *status* do projeto, se restringindo apenas a percepções dos próprios gestores e professores entrevistados. Consequência disso é a análise de resultados alcançados e intenções não conter nenhuma métrica como parâmetro ou diagnóstico a partir de um planejamento maior em curso para implementação do projeto *maker*.

Um dos gestores retratou essa dificuldade para além do projeto *maker*: "*Sobre indicadores específicos, não sei dizer. Nós temos dificuldade, como escola, de criar metas e indicadores tangíveis de aprendizagem e gestão*."

Ao que parece, o projeto está sob a avaliação subjetiva dos gestores e professores mais próximos, usando a percepção de engajamento dos alunos como o principal indicador de sucesso, sem entender ao certo como ela se reflete em aprendizado efetivo ou sobre como acompanhar as outras intenções do projeto, relacionadas aos professores e comunidade de pais.

Ou seja, para além da dificuldade em tangibilizar a aprendizagem em formas de avaliação e visibilidade do processo percorrido pelo aluno, as escolas aparentam também possuir uma dificuldade em transformar as intenções do projeto em parâmetros tangíveis de avaliação e acompanhamento no tempo, evidenciando uma lacuna de gestão do projeto.

Dessa forma, os Quadros 17 e 18 abaixo sintetizam os principais resultados encontrados na pesquisa e as principais discussões levantadas a partir da comparação entre objetivos, resultados alcançados e ações de implementação; categorizando os resultados positivos relatados como “conquistas" e as lacunas identificadas, a partir dos objetivos ainda não alcançados e outras discussões apresentadas acima, como “evoluções mapeadas”.

Quadro 17 - Síntese da pesquisa: principais conquistas indicadas

RESULTADOS ALCANÇADOS ATÉ ENTÃO		CONQUISTAS
Mais Citados	Mudança de comportamento nos alunos, sugerindo desenvolvimento de autonomia, protagonismo e competências de resolução de problemas	**PERCEPÇÃO DE ALTO ENGAJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DOS ALUNOS**
	Alunos com postura de aprendizagem ativa, extrapolando aprendizados e uso do espaço *maker* para além das aulas programadas	
	Engajamento dos alunos e *feedback* positivo durante as atividades	

Fonte: autoria própria, 2021

Quadro 18 - Síntese da pesquisa: principais evoluções mapeadas

FATORES CRÍTICOS DE IMPLEMENTAÇÃO E RECOMENDAÇÕES		EVOLUÇÕES MAPEADAS
(i) Planejamento da Grade Curricular e professores Responsáveis	Escolher entre modelo “Horário na Grade” ou “Projetos distribuídos em disciplinas”	**LACUNA DE EFICÁCIA NAS AÇÕES COM PROFESSORES**
	Escolher a presença ou não de um especialista *maker* em sala e o papel da coordenação, de acordo com o modelo de organização curricular acima	
(ii) Engajamento e formação contínua de professores	Estruturar uma boa formação inicial, para além do workshop de introdução	
	O projeto crescerá tanto quanto a gestão escolar estiver próxima	
	Nada engaja mais o professor que uma atividade bem integrada à sua disciplina	
	Percalços virão. A única forma de amadurecer é garantir reflexão e formação constante	
(iii) Recursos e estruturas de apoio	Comece com os materiais e espaço que conseguir, ainda que simples	
	Um apoio técnico no espaço *maker* deixará todos mais seguros	
	Recursos pedagógicos externos aceleram a implementação	
	Garanta uma coordenação interna para articulação do projeto	
(iv) Engajamento da Comunidade de Pais	Pais entendem o projeto colocando a mão na massa	**LACUNA DE VISIBILIDADE DO APRENDIZADO**
	Produtos finais exibíveis ajudam como evidência de aprendizagem	
(v) Gestão do projeto e coerência entre objetivos e implementação	Coerência entre objetivos e implementação	**LACUNA DE GESTÃO**
	Competências para gerir um projeto de inovação	

Fonte: autoria própria, 2021

5. CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo mapear a implementação de projetos *maker* em escolas brasileiras, levantando fatores críticos de sucesso e informações qualitativas que pudessem dar visibilidade sobre a aplicação real dos conceitos abordados no dia a dia escolar. Dessa forma, gestores e professores podem organizar novas implementações de projeto desse tipo ou refletir sobre seu projeto *maker* a partir das informações compiladas, além de novos estudos poderem usar essas informações para compor um entendimento mais preciso sobre a aplicação do conceito de atividades *maker* no ensino básico.

Para isso, utilizou-se o método de estudo de caso para levantamento de informações em profundidade, com um tamanho de amostra pequeno o suficiente para conduzir um estudo exploratório e qualitativo; ao mesmo tempo buscando uma diversidade de casos para compor um bom entendimento de contexto. A partir desses casos, o estudo explora os principais objetivos perseguidos com o projeto, os principais resultados alcançados até então e os principais fatores críticos de sucesso na implementação de um projeto *maker* no ensino básico, citando diretamente falas dos gestores e professores abordados para complementar o entendimento sobre cada tópico.

Por fim, levantando principais discussões à luz da análise bibliográfica mapeada, o estudo sugere um modelo de síntese, contendo os principais resultados comentados e as lacunas encontradas, entre literatura e relatos ou entre objetivos desejados e resultados alcançados até então.

Constata-se o efeito positivo de engajamento dos alunos já no curto prazo, com observações de mudanças de postura em sala de aula e abertura a dinâmicas de aprendizagem ativa, pressuposto na literatura para um aprendizado significado e que também indica um terreno fértil para esse tipo de prática no ensino básico. Porém, se as escolas querem de fato aproveitar o potencial desse tipo de dinâmica para o desenvolvimento de seus alunos e inovação de suas práticas pedagógicas, existem três grandes lacunas a serem superadas:

• A eficácia das ações com professores, envolvendo formação, engajamento e planejamento pedagógico, sendo um desafio que basicamente exige um novo paradigma de aprendizado, baseado em projetos;

• A visibilidade do aprendizado dos alunos, para que a gestão escolar consiga acompanhar intencionalmente a eficácia desse tipo de atividades e para aumentar o engajamento da comunidade de pais, fundamental para a intensificação do projeto;

• A coerência e profissionalização da gestão escolar, evidenciada a partir do nível de engajamento da gestão nesse tipo de projeto e na promoção de novos paradigmas de aprendizagem, conseguindo traduzir intenções em projetos implementáveis e em parâmetros tangíveis de avaliação e acompanhamento no tempo.

Os desafios deixam evidente a inter-dependência entre atores e a complexidade de um projeto de introdução de atividades de design e engenharia no currículo escolar, entendido não apenas como um bloco de atividades a serem cumpridos periodicamente em sala de aula, mas, como dito no início, como um convite à comunidade escolar de se apropriar dessa "tecnologia troiana como meio para se libertar da pedagogia tradicional e poder, então, sacodir a poeira e se engajar em um aprendizado libertador, profundo e emancipatório" (BLIKSTEIN, 2016).

5.1 Limitações

Por se tratar de um estudo em profundidade, a escolha da amostra de escolas carrega as principais limitações do estudo. Como as escolas abordadas são todas particulares e com projetos sobretudo no ensino fundamental, com baixa experiência no ensino infantil ou médio, os resultados podem certamente inspirar extrapolações para outros contextos, como no ensino público ou nesses segmentos escolares menos abordados, mas exige cuidado.

Como método, os resultados foram sistematizados a partir de informações dadas pelos gestores e professores das escolas, atores muito ativos na

implementação dos projetos. Dessa forma, não foram consideradas percepções dos próprios alunos, da comunidade de pais ou de professores mais distantes do projeto.

Por fim, as principais conquistas e evoluções mapeadas são resultado da análise de resultados alcançados até então, declarados a partir da percepção dos gestores e professores, não tendo sido utilizado um modelo de análise de resultados para padronizar a avaliação ou traduzi-la em indicadores claros.

5.2 Trabalhos futuros

Para além de validar e aprimorar o entendimento sobre implementação de projetos *maker* a partir de outros grupos de escolas, estudos futuros podem se concentrar nas lacunas apontadas pela síntese dos resultados:

- A falta de eficácia nas ações com professores, se aprofundando em literatura ou cases que elucidem como escolas podem melhor formar e acompanhar sua comunidade de educadores com o desejo de, como elas mesmas citaram, "fomentar a evolução do papel do professor e gestão pedagógica para metodologias ativas de aprendizagem".
- A baixa visibilidade do desenvolvimento do aluno em projetos *maker*, tanto do ponto de vista de aprendizagem, com literatura e casos de ferramentas de avaliação ou evidências de aprendizagem, quanto do ponto de vista de engajamento da comunidade de pais, necessário para validar o projeto e possivelmente potencializar a aprendizagem do próprio aluno.
- A aparente inexistência de indicadores para acompanhar a implementação do projeto *maker* ou de um planejamento estratégico para julgar a efetividade das ações de implementação, gerindo-as para maximizar os resultados esperados. A partir da literatura de gestão de projetos de inovação em organizações pouco estruturadas em termos de gestão, além do mapeamento de casos e ferramentas já existentes, podem ser contribuições futuras.

Adicionalmente, como abordado nas discussões dos resultados, pouco é citado sobre o desenvolvimento de letramento tecnológico nos alunos, sobre fabricação digital ou uso de ferramentas mais complexas do que o comumente

encontrado no ambiente escolar. Pelo contrário: as escolas valorizaram a possibilidade de iniciar o projeto com recursos simples e demonstraram certa aversão ao conceito de robótica, que a princípio carrega uma imagem muito tecnicista. Porém, a própria literatura evidencia benefícios em introduzir os alunos no uso de fabricação digital, softwares de design digital, componentes de eletrônica e plataformas de programação - novos estudos podem também se concentrar em entender melhor como as escolas têm utilizado esses recursos e, em comparação com a literatura, ajudar a guiar implementações com esse tipo de recurso.

Por fim, a literatura de atividades *maker* sugere a característica essencialmente *open-ended* para os projetos realizados, tendo uma facilitação em sala de aula que estimule a autoria dos alunos e a co-criação em grupos. Os resultados apontados pelos gestores, de engajamento e desenvolvimento comportamental dos alunos, as intenções com o projeto manifestadas nessa direção e a descrição dos projetos já realizados sugerem que as atividades realizadas possuem as características acima, mas novos estudos podem se concentrar em analisar a fundo o tipo de atividades em espaços *maker* para melhor qualificá-las à luz da literatura.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R. S. **Cognitive processes in iterative design behavior.** 2001. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculdade de Educação. Universidade de Washington, Washington.

ADAMS, R. S.; TURNS, J.; ATMAN, C. J. Educating effective engineering designers: The role of reflective practice. **Design studies**, v. 24, n. 3, p. 275-294, 2003.

ALIMISIS, D. Educational robotics: Open questions and new challenges. **Themes in Science and Technology Education**, v. 6, n. 1, p. 63-71, 2013.

ATMAN, C.; KILGORE, D.; MCKENNA, A. Characterizing Design Learning through the Use of Language: A Mixed-Methods Study of Engineering Designers. Research Brief. **Center for the Advancement of Engineering Education (NJ1)**, 2009.

ATMAN, C. J. et al. A comparison of freshman and senior engineering design processes. **Design studies**, v. 20, n. 2, p. 131-152, 1999.

ATMAN, C. J. et al. Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. **Journal of engineering education**, v. 96, n. 4, p. 359-379, 2007.

ATMAN, C. J.; BURSIC, K. M. Teaching engineering design: Can reading a textbook make a difference?. **Research in Engineering Design**, v. 8, n. 4, p. 240-250, 1996.

ATMAN, C. J.; BURSIC, K. M. Verbal protocol analysis as a method to document engineering student design processes. **Journal of Engineering Education**, v. 87, n. 2, p. 121-132, 1998.

BASADUR, M.; GRAEN, G. B.; GREEN, S. G. Training in creative problem solving: Effects on ideation and problem finding and solving in an industrial research organization. **Organizational Behavior and Human Performance**, v. 30, n. 1, p. 41-70, 1982.

BELFIELD, C. *et al*. The economic value of social and emotional learning. **Journal of Benefit-Cost Analysis**, v. 6, n. 3, p. 508-544, 2015.

BERLAND, M.; BAKER, R. S.; BLIKSTEIN, P. Educational data mining and learning analytics: Applications to constructionist research. **Technology, Knowledge and Learning**, v. 19, n. 1-2, p. 205-220, 2014.

BEVAN, B. *et al*. Learning through STEM−rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. **Science Education**, v. 99, n. 1, p. 98-120, 2015.

BEVAN, B. The promise and the promises of Making in science education. **Studies in Science Education**, v. 53, n. 1, p. 75-103, 2017.

BEVAN, B.; PETRICH, M.; WILKINSON, K. Tinkering Is Serious Play. **Educational Leadership**, v. 72, n. 4, p. 28-33, 2014.

BLIKSTEIN, P. *et al*. An assessment instrument of technological literacies in makerspaces and fabLabs. **Journal of Engineering Education**, v. 106, n. 1, p. 149-175, 2017.

BLIKSTEIN, P. Analyzing engineering design through the lens of computation. **Journal of Learning Analytics**, v. 1, n. 2, p. 151-186, 2014.

BLIKSTEIN, P. Digital fabrication and ‘making’ in education: The democratization of invention. **FabLabs: Of machines, makers and inventors**, v. 4, p. 1-21, 2013.

BLIKSTEIN, P. Multimodal learning analytics. In: **Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge**. ACM, 2013. p. 102-106.

BLIKSTEIN, P. **O mito do mau aluno e porque o Brasil pode ser o líder mundial de uma revolução educacional.** 2012. Disponível em: http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/BliksteinBrasil_pode_ser_lider_mundial_em_educacao.pdf. Acesso em: 09 ago. 2019.

BLIKSTEIN, P. Using learning analytics to assess students' behavior in open-ended programming tasks. In: **Proceedings of the 1st international conference on learning analytics and knowledge**. ACM, 2011. p. 110-116.

BLIKSTEIN, P. Viagens em Troia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação. **Educação e Pesquisa**, v. 42, n. 3, p. 837-856, 2016.

BLIKSTEIN, P; KRANNICH, D. The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research. In: **Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children.** ACM, 2013. p. 613-616.

CHARLTON, P.; AVRAMIDES, K. Knowledge Construction in Computer Science and Engineering when Learning Through Making. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 9, n. 4, p. 379-390, 2016.

CHRISTENSEN, K. S. *et al*. Towards a formal assessment of design literacy: Analyzing K-12 students' stance towards inquiry. **Design Studies**, v. 46, p. 125-151, 2016.

CHRISTENSEN, K.; IVERSEN O. Designing Digital Technology and Materials for Digital Fabrication in Schools: a Hackerism Perspective. In: **FabLearn Europe**, Aarhus Denmark, 2014.

CHU, S. L. *et al*. Fun in Making: Understanding the experience of fun and learning through curriculum-based Making in the elementary school classroom. **Entertainment Computing,** v. 18, p. 31-40, 2017.

CLAPP, E. P. *et al.* **Maker-centered learning: Empowering young people to shape their worlds**. John Wiley & Sons, 2016.

COUTINHO, S. M. V. ; VASCONCELLOS, M. P. ; ZANCUL, E. S. ; YANAZE, L. K. H. ; LOPES, R. D. . Contextos criativos: potencializando a institucionalização da interdisciplinaridade na graduação. In: Arlindo Philppi Jr; Valdir Fernandes; Roberto C.S. Pacheco. (Org.). **Ensino, pesquisa e inovação: desenvolvendo a interdisciplinaridade.** 1ed.Barueri: Manole, 2017, v. , p. 567-581.

DAVIDSON, C N. **Now You See It: How Technology and Brain Science Will Transform Schools and Business for the 21st Century**. Penguin Group USA, 2011.

DE MOURA, Eliton Meireles. Formação docente e educação maker: o desafio do desenvolvimento das competências. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, v. 7, n. 2, p. 185-188, 2020.

DELORS, J. *et al*. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. **Educação: um tesouro a descobrir**, v.6, 1996.

DURLAK, J. A. *et al*. The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta–analysis of school–based universal interventions. **Child development**, v. 82, n. 1, p. 405-432, 2011.

DYM, C. L. *et al*. Engineering design thinking, teaching, and learning. **Journal of Engineering Education**, v. 94, n. 1, p. 103-120, 2005.

ELIAS, M. J. The connection between academic and social-emotional learning. **The educator's guide to emotional intelligence and academic achievement**, p. 4-14, 2006.

ENNIS, C. W.; GYESZLY, S. W. Protocol analysis of the engineering systems design process. **Research in Engineering Design**, v. 3, n. 1, p. 15-22, 1991.

FERNANDEZ, C. O. ; GRIMONI, J. A. B. ; LOPES, R. D. ; ZANCUL, E. S. . Ensino de projeto do produto. Análise de abordagem multidisciplinar com foco em criatividade para inovação em contextos reais. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 12, p. 85-95, 2017.

FITTON, D.; READ, J. C.; DEMPSEY, J. Exploring children's designs for maker technologies. In: **Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children**. ACM, 2015. p. 379-382.

GALLOWAY, A. **Bringing A Reggio Emilia Inspired Approach into Higher Grades-Links to 21st Century Learning Skills and the Maker Movement.** 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Currículo e Instrução. Universidade de Victória, Victoria.

GERSHENFELD, N. How to make almost anything: The digital fabrication revolution. **Foreign Aff**., v. 91, p. 43, 2012.

GOLDBERG, L. R. An alternative" description of personality": the big-five factor structure. **Journal of personality and social psychology**, v. 59, n. 6, p. 1216, 1990.

GUINDON, R. Designing the design process: Exploiting opportunistic thoughts. **Human-Computer Interaction**, v. 5, n. 2, p. 305-344, 1990.

GUTWILL, J. P.; HIDO, N.; SINDORF, L. Research to practice: Observing learning in tinkering activities. **The Museum Journal**, v. 58, n. 2, p. 151-168, 2015.

HECKMAN, J. J.; KAUTZ, T. Hard evidence on soft skills. **Labour economics**, v. 19, n. 4, p. 451-464, 2012.

HEFFRON, J. M. Defining values. **Values in education: Social capital formation in Asia and the Pacific**, p. 3-27, 1997.

HOSSAIN, Z. *et al*. Interactive and scalable biology cloud experimentation for scientific inquiry and education. **Nature biotechnology**, v. 34, n. 12, p. 1293-1298, 2016.

HYBS, I.; GERO, J. S. An evolutionary process model of design. **Design Studies**, v. 13, n. 3, p. 273-290, 1992.

ISAKSEN, S. G.; TREFFINGER, D. J. Celebrating 50 years of reflective practice: Versions of creative problem solving. **The Journal of Creative Behavior**, v. 38, n. 2, p. 75-101, 2004.

ISMAIL, N; ELIAS, S; ABU, A. R. Implementing Inquiry-Based Learning: An Innovative Method for Proactive Students. In: **12th International Conference on education. Universiti Brunei Darussalam**. 2007. p. 21-24.

IVERSEN, O. S. *et al*. Digital fabrication in education: Expanding the research towards design and reflective practices**. International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 5, n. 1-2, p. 1-2, 2016.

JOHN, O. P.; SRIVASTAVA, S. The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. **Handbook of personality**: Theory and research, v. 2, n. 1999, p. 102-138, 1999.

JONES, S. M.; BOUFFARD, S. M. Social and Emotional Learning in Schools: From Programs to Strategies and commentaries. **Social policy report**, v. 26, n. 4, p. 1-33, 2012.

JUSTICE, Sean. Learning to teach in the digital age: Enacted encounters with materiality. **Marilyn Zurmuehlen Working Papers in Art Education**, v. 2015, n. 1, p. 3, 2015.

KRESS, J. S.; ELIAS, M. J. School−based social and emotional learning programs. **Handbook of child psychology**, 2006.

KRISHNAMURTHI, A. *et al*. What Afterschool STEM Does Best: How Stakeholders Describe Youth Learning Outcomes. **Afterschool Matters**, v. 18, p. 42-49, 2013.

LEAL, LORENNA F. ; FLEURY, ANDRÉ ; ZANCUL, EDUARDO . Starting up a Learning Factory focused on Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 45, p. 436-441, 2020.

LEE, V. R.; FIELDS, D. A. A clinical interview for assessing student learning in a university-level craft technology course. **ITLS Faculty Publications,** 2013.

LEE, W. O. **Education and 21st Century Competencies**. Palestra apresentada nas Competências de Educação e Século XXI, organizada pelo Ministério da Educação, 2013. p. 22-24

LEVY, F.; MURNANE, R. J. Dancing with robots: Human skills for computerized work. **Third Way NEXT**, Washington, 2013.

LIPSET, S. M.; TROW, M. A.; COLEMAN, J. S. Union democracy: The internal politics of the International Typographical Union. **Free Pr**, 1956.

MARTIN, F *et al*. To mindstorms and beyond. **Robots for kids: Exploring new technologies for learning**, 2000.

MCKAY, C; BANKS, T D.; WALLACE, S. Makerspace Classrooms: Where Technology Intersects With Problem, Project, and Place-Based Design in Classroom Curriculum. **International Journal of Designs for Learning**, v. 7, n. 2, 2016.

MUMFORD, M. D. *et al.* Leadership skills for a changing world: Solving complex social problems. **The Leadership Quarterly**, v. 11, n. 1, p. 11-35, 2000.

NORGAARD, R. T.; PAASKESEN, R. B.. Open-ended education: How open-endedness might foster and promote technological imagination, enterprising, and participation in education. **Transdisciplinary Journal of Cultural Participation**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2016.

OATES, A. V. **Evidences of Learning in an Art Museum Makerspace**. 2015. Dissertação (Mestrado em Artes) – Programa de Museologia. Universidade de Washington, Washington.

PAPERT, S.; HAREL, I.. Situating constructionism. **Constructionism**, v. 36, n. 2, p. 1-11, 1991.

PAYTON, J. W. *et al*. Social and emotional learning: A framework for promoting mental health and reducing risk behavior in children and youth. **Journal of school health**, v. 70, n. 5, p. 179-185, 2000.

PETRICH, M.; WILKINSON, K.; BEVAN, B. It looks like fun, but are they learning?. In: **Design, make, play**. Routledge, 2013. p. 68-88.

PICARD, R. W. *et al*. Affective learning - a manifesto. **BT technology journal**, v. 22, n. 4, p. 253-269, 2004.

PICH, M. T.; LOCH, C. H.; MEYER, A. D. On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management. **Management science**, v. 48, n. 8, p. 1008-1023, 2002.

PIECH, C. *et al*. Modeling how students learn to program. In: **Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education**. ACM, 2012. p. 153-160.

PURCELL, A.; GERO, J. S. Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology. **Design studies**, v. 19, n. 4, p. 389-430, 1998.

RAABE, A. L. A.; SANTANA, A. L. M.; BURD, L. Lite Maker: Uma estação móvel que possibilita transformar a sala de aula em espaço maker. **FabLearn Brasil**, 2016.

RADCLIFFE, David F.; LEE, Tat Y. Design methods used by undergraduate engineering students. **Design Studies**, v. 10, n. 4, p. 199-207, 1989.

RESNICK, M. *et al*. Scratch: programming for all. **Communications of the ACM**, v. 52, n. 11, p. 60-67, 2009.

RESNICK, M. All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. In: **Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition.** ACM, 2007. p. 1-6.

RESNICK, M; ROSENBAUM, E. Designing for tinkerability**. Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators**, p. 163-181, 2013.

RYOO, J. J. *et al*. Tinkering with “Failure”: Equity, learning, and the iterative design process. In: **FabLearn 2015 Conference at Stanford University**. 2015.

SANTANA, A. M. *et al*. Lite Maker: Um Fab Lab móvel para aplicação de atividades mão na massa com estudantes do ensino básico. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2016. p. 211.

SANTOS, D; PRIMI, R. **Desenvolvimento socioemocional e aprendizado escolar:** uma proposta de mensuração para apoiar políticas públicas**.** Relatório sobre resultados preliminares do projeto de medição de competências socioemocionais no Rio de Janeiro. São Paulo: OCDE, SEEDUC, Instituto Ayrton Senna, 2014

SAWYER, R. K. Educating for innovation. **Thinking skills and creativity**, v. 1, n. 1, p. 41-48, 2006.

SCHNEIDER, B; BLIKSTEIN, P. Flipping the flipped classroom: A study of the effectiveness of video lectures versus constructivist exploration using tangible user interfaces. **IEEE transactions on learning technologies**, v. 9, n. 1, p. 5-17, 2016.

SCHNEIDER, B.; BLIKSTEIN, P. Unraveling students' interaction around a tangible interface using multimodal learning analytics. **Journal of Educational Data Mining**, v. 7, n. 3, p. 89-116, 2015.

SCHÖN, D. A. Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions. **Jossey-Bass**, 1987.

SMITH, R. C.; IVERSEN, O. S.; HJORTH, M. Design thinking for digital fabrication in education. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 5, p. 20-28, 2015.

SMITH, R. C.; IVERSEN, O. S.; HJORTH, M. Design thinking for digital fabrication in education. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 5, p. 20-28, 2015.

SOMMER, S. C.; LOCH, C. H. Selectionism and learning in projects with complexity and unforeseeable uncertainty. **Management science**, v. 50, n. 10, p. 1334-1347, 2004.

SOSTER, Tatiana Sansone. Revelando as essências da Educação Maker: percepções das teorias e das práticas. **Tecnologias, sociedade e conhecimento**, v. 7, n. 2, p. 189-193, 2020.

STEPHEN, M. L.; LOCKE, S. M.; BRACEY, G. L. Designing, Implementing and Sustaining a Technology-Rich STEM Classroom Using Participatory Design Practices. In: **International Conference on Computer Supported Education. Springer**, Cham, 2014. p. 341-355.

STICKEL, O. *et al*. 3D Printing with marginalized children—an exploration in a Palestinian refugee camp. In: **ECSCW 2015:** Proceedings of the 14th European Conference on Computer Supported Cooperative Work. 2015. p. 83-102.

STRUNK, V; WILLIS, J. Digital badges and learning analytics provide differentiated assessment opportunities. **EDUCAUSE Review**, 2017. Disponível em: https://er. educause. edu/articles/2017/2/digital-badges-andlearning-analytics-provide-differentiated-assessment-opportunities. Acesso em: 9 ago. 2009.

STUPPLE, E. J. N. *et al*. Development of the Critical Thinking Toolkit (CriTT): A measure of student attitudes and beliefs about critical thinking. **Thinking Skills and Creativity**, v. 23, p. 91-100, 2017.

SUTCLIFFE, A. G.; MAIDEN, N, A. M. Analysing the novice analyst: cognitive models in software engineering. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 36, n. 5, p. 719-740, 1992.

TESCONI, S.; ARIAS, L. The Transformative Potential of Making in Teacher Education: A Case Study on Teacher Training Through Making and Prototyping. In: International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions. **Springer Cham**, 2015. p. 119-128.

VOSSOUGHI, S*. et al*. Tinkering, learning & equity in the after-school setting. In: **Annual FabLearn conference.** Stanford University. 2013.

VOSSOUGHI, S.; BEVAN, B. Making and tinkering: A review of the literature. **National Research Council Committee on Out of School** Time STEM, p. 1-55, 2014

VOSSOUGHI, S; BEVAN, B. Making and tinkering: A review of the literature. **National Research Council Committee on Out of School Time STEM**, p. 1-55, 2014.

WANG, H.; CHANG, C.; LI, T. Assessing creative problem-solving with automated text grading. **Computers & Education**, v. 51, n. 4, p. 1450-1466, 2008.

WARDRIP, P. S.; BRAHMS, L. Learning practices of making: developing a framework for design. In: **Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children**. ACM, 2015. p. 375-378.

WORLD ECONOMIC FORUM. New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning Through Technology. **Academy for socio-emotional learning in schools**, 2016.

WORSLEY, M.; BLIKSTEIN, P. A framework for characterizing changes in student identity during constructionist learning activities. **The Proceedings of Constructionism**, 2012.

WORSLEY, M.; BLIKSTEIN, P. Children are not hackers: Building a culture of powerful ideas, deep learning, and equity in the Maker Movement. In: **Makeology**. Routledge, 2016. p. 78-94.

YIN, R. K. **Estudo de Caso:** Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.

YODER, N. Teaching the whole child: Instructional practices that support social-emotional learning in three teacher evaluation frameworks. Research-to-Practice Brief. **Center on Great Teachers and Leaders**, 2014.

ZACCARO, S. J. et al. Assessment of leader problem-solving capabilities. **The Leadership Quarterly**, v. 11, n. 1, p. 37-64, 2000.

ZANCUL, E. S.; DURAO, L. F. C. S. ; LOPES, R. D. ; NAKANO, D. N. ; BLIKSTEIN, P. ; MAJZOUB, G. G. ; DALMON, D. L. . An Empirical Study on Design-Based vs. Traditional Approaches in Capstone Courses. **Engineering Education. International Journal of Engineering Education**, v. 33, p. 1543-1560, 2017.

ZANCUL, E. S.; BLIKSTEIN, P. ; DURAO, L. F. C. S. ; ROCHA, A. M. . Students' engagement in the implementation of results obtained in capstone design courses: a preliminary model for detailed design and go-to-market activities. In: **18th**

International Conference on Engineering and Product Design Education, 2016, Aalborg. Conference proceedings, 2016.

ZANCUL, E. S.; LOPES, R. D. ; PAULA, I. C. ; ECHEVESTE, M. E. ; CANTO FILHO, A. B. ; DANILEVICZ, A. M. F. ; CATEN, C. S. T. ; RIBEIRO, J. L. D. ; SILVA, L. C. P. ; ADORFY, M. ; HOMRICH, R. P. ; MASSOTE, A. A. ; LIMA, F. ; JUNG, C. F. ; PEREIRA, D. S. G. ; ROSA, F. L. ; SHIGUE, C. Y. ; SILVA, M. B. ; ADRIANO, J. D. ; PEREIRA, M. A. C. ; GONZALES, M. A. ; FREITAS, T. R. ; LICKS, V. . Laboratórios e espaços físicos inovadores para o ensino multidisciplinar de engenharia. In: Vanderli Fava de Moraes; Frederico Souzalima Caldoncelli Franco; Marcos José Tozzi. (Org.). **Desafios da educação em engenharia: formação em engenharia, abordagens pedagógicas, multidisciplinaridade, aprendizagem baseada em problemas e proposições**. 1ed.Brasília: Abenge, 2015, v. 1, p. 91-118.

ZINS, J. E. et al. Social and emotional learning for successful school performance. **The science of emotional intelligence:** Knowns and unknowns, p. 376-395, 2007.