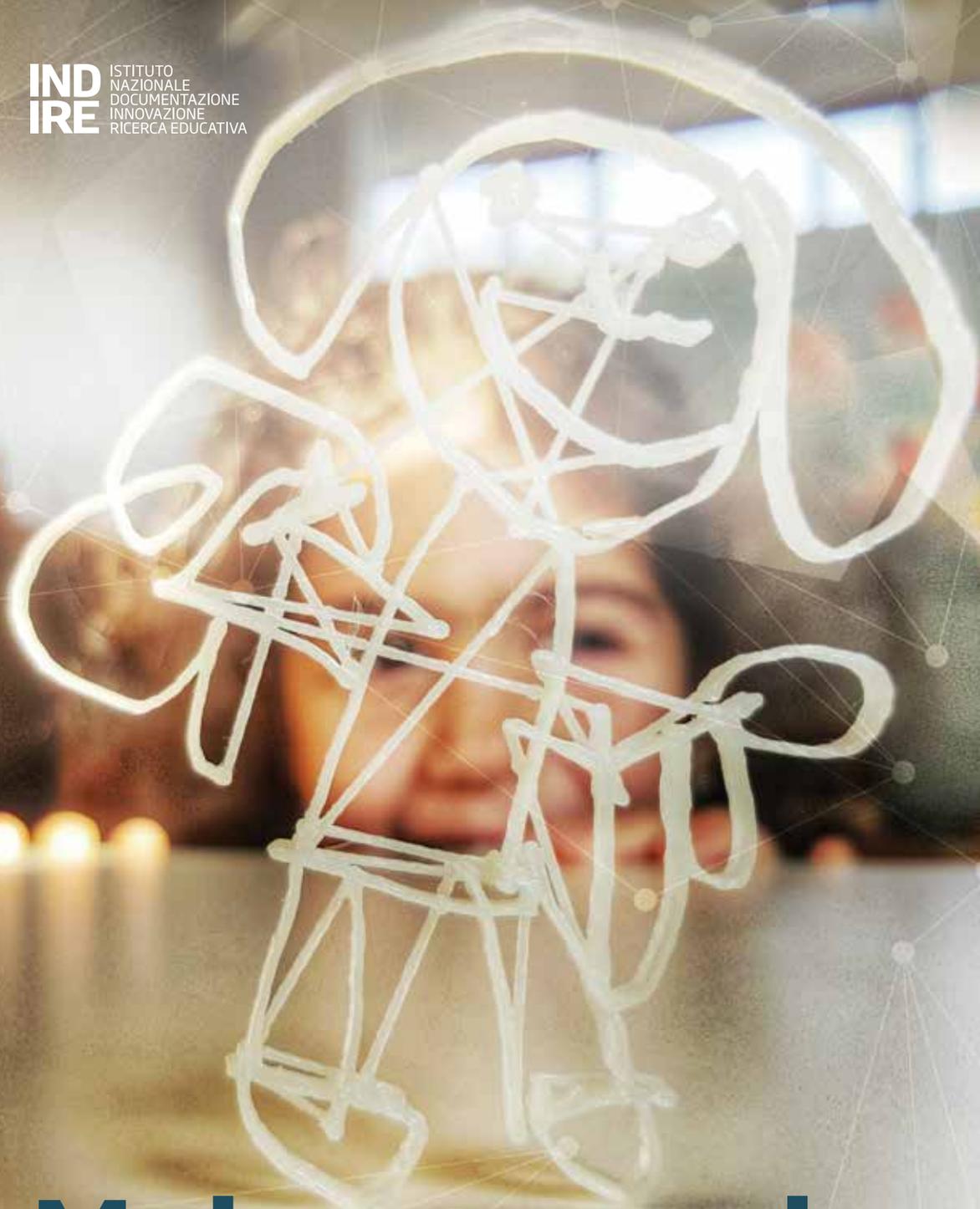


**INDIRE** ISTITUTO  
NAZIONALE  
DOCUMENTAZIONE  
INNOVAZIONE  
RICERCA EDUCATIVA



# Maker@scuola

Stampanti 3D nella scuola dell'infanzia







Assopiù Editore Firenze

www.assopiu.com

Edizioni 2017

ISBN 978889689365-4

---

*Per la buona riuscita dell'intero progetto di ricerca e in particolare per la realizzazione di questo libro, si ringrazia il Presidente di Indire Giovanni Biondi e il Dirigente d'area Samuele Borri.*

**A cura di:** Lorenzo Guasti, Alessia Rosa

**Prefazione:** Orazio Miglino

**Postfazione:** Alberto Parola

**Autori:** Luca Bassani, Andrea Benassi, Alessandro Ferrini, Maeca Garzia, Lorenzo Guasti, Giuseppina Rita Mangione, Jessica Niewint-Gori, Alessia Rosa

**Progetto grafico e impaginazione:** Cristina Nencioni - AssoPiù srl

**Redazione:** Laura Coscia

**In copertina:** Scuola Peter Pan di Pontenure (PC), foto di Lorenzo Guasti, elaborazione grafica a cura di Gabriele Pieraccini



Il libro è distribuito secondo la licenza Creative Commons:

Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale

*Tutti i link presenti in questo volume sono stati visionati in data: marzo 2017*

Il materiale iconografico, laddove non diversamente specificato, è di proprietà di Indire.

Indire è a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare per eventuali involontarie omissioni o inesattezze nella citazione delle fonti dei testi o delle illustrazioni riprodotte; si scusa per i possibili errori di attribuzione e dichiara la propria disponibilità a regolarizzare.

Questo volume è stato stampato nel mese di agosto 2017

# Sommario

<b>Introduzione al volume Costruire giocattoli con la stampante 3D</b> .....	9
<b>1 Il contesto di riferimento</b> .....	13
1.1 La ricerca nella Scuola dell'Infanzia.....	13
1.2 I “maker space” e i contesti scolastici.....	14
1.3 Il significato del termine “making” .....	15
1.4 Cos'è il “Movimento maker” .....	17
1.5 Breve storia della stampante 3D (dall'industria, al mercato consumer, sino alla scuola) .....	19
<b>2 Elaborare le informazioni: teorie di riferimento e prospettive di utilizzo della stampante 3D</b> .....	21
2.1 L'elaborazione dell'informazione: la prospettiva della psicologia cognitiva.....	22
2.2 La prospettiva delle neuroscienze cognitive.....	24
2.2.1 L'attenzione e la memoria .....	26
2.2.2 La previsione e la categorizzazione.....	27
2.3 L'attività didattica con la stampante 3D per il potenziamento cognitivo .....	29
2.4 Gioco e Apprendimento .....	32
2.5 Conclusioni .....	34
<b>3 Pedagogia “maker” - La fabbricazione digitale e il raccordo con la Scuola dell'Infanzia</b> .....	35
3.1 I fondamenti della “pedagogia maker” e della “fabbricazione digitale” .....	36
3.2 Le tecnologie aripista della didattica makified e la stampante 3D .....	37
3.3 Come portare la pedagogia del produrre a scuola. I processi di “makification” .....	39
3.3.1 I processi alla base della fabbricazione digitale in contesto scolastico.....	40
3.4 La stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia: dalla formazione dei concetti alle abilità visuo-spaziali .....	44
3.5 Ambienti e spazi per la Scuola dell'Infanzia: indicazioni per una “pedagogia maker” .....	47

3.5.1 I <b>Fab Lab</b> per i piccoli.....	48
3.5.2 Accompagnando i <b>Fab Lab</b> in aula: <b>Fab ED</b> e richiami della Buona scuola .....	51
3.6 Il “Bildung” e le possibili evoluzioni della stampa 3D per l’infanzia .....	53
<b>4 Il Progetto di Ricerca</b> .....	57
4.1 La ricerca <b>Costruire giocattoli con la stampante 3D</b> .....	58
4.1.1 La prima fase dell’attività di ricerca (anni scolastici 2014/2015 e 2015/2016) .....	58
4.1.2 La seconda fase dell’attività di ricerca (anno scolastico 2016/2017) .....	60
4.1.3 Analisi delle pratiche con la stampante 3D. La riflessione tramite il Video Club .....	61
4.1.4 I Video Study Group come approccio alla riflessione e analisi collettiva.....	63
4.1.5 Il Video Club con le maestre della Scuola dell’Infanzia .....	64
4.2 Attività propedeutica al video: la restituzione della pratica da parte delle maestre.....	66
4.3 Analisi video su temi selezionati.....	74
4.4 L’accoglienza della stampante 3D. Intervista ai docenti .....	77
4.4.1 Metodologia di investigazione.....	78
4.4.2 Le interviste alle docenti.....	79
4.5 Considerazioni finali .....	81
<b>5 Applicazione della stampante 3D in classe</b> .....	91
5.1 Il ciclo TMI nella didattica.....	91
5.2 Lo sfondo integratore e la presentazione dei compiti.....	95
5.3 Struttura del percorso didattico con la stampante 3D.....	95
<b>6 Il setting tecnologico</b> .....	107
6.1 I due setting tecnologici, con Doodle3D e con Tinkercad.....	108
6.2 Le caratteristiche fondamentali delle stampanti 3D e dell’ambiente di lavoro per un uso ottimale a scuola.....	116
<b>7 Un sistema di stampa opensource per la scuola: in3Dire</b> .....	119
7.1 Il Sistema in3Dire.....	119
7.2 SugarCAD.....	123
<b>8 Per un approccio “digital humanities” tra pensiero e immagini</b> ....	127

<b>Appendice - La testimonianza del lavoro in classe</b> .....	133
Scuola infanzia “Andrea del Sarto” .....	134
Istituto comprensivo di Sigillo - Scuola infanzia “G. Agostinelli” .....	134
Istituto Comprensivo Loreto “G. Solari” .....	136
Scuola Infanzia “J. J. Rousseau” .....	140
Istituto Comprensivo San Valentino Torio - Scuola infanzia “Madre Teresa di Calcutta” ....	142
Istituto Comprensivo Di Cadeo-Pontenure - Scuola infanzia “Peter Pan” .....	146
<b>Gli autori</b> .....	149
<b>Riferimenti bibliografici</b> .....	151





# Introduzione al volume **Costruire giocattoli con la stampante 3D**

**Orazio Miglino**

Ogni ricerca realmente innovativa è un'avventurosa esplorazione di un territorio nuovo e sconosciuto ed ogni avventuroso esploratore molto probabilmente raggiungerà un punto di arrivo assolutamente inimmaginabile nel momento della partenza (Cristoforo Colombo docet). Gli epistemologi hanno equiparato alcuni aspetti del lavoro di ricercatore a questo parziale errore tipico degli esploratori definendolo come serendipità: si programma una ricerca per raggiungere un dato obiettivo, alla conclusione della ricerca l'obiettivo originario potrebbe non essere raggiunto ma, in compenso, si è scoperto qualcosa di altrettanto interessante e affascinante di quanto preventivato nel programma di lavoro (o di esplorazione). Bene, la ricerca presentata in questo volume è un lampante esempio di serendipità. Provo a descriverne il percorso.

Qualche anno fa un gruppo di giovani ricercatori dell'Indire, costituito dagli autori dei capitoli del presente libro, si è posto una domanda scaturita da una semplice intuizione: la stampante 3D può essere utilizzata per potenziare i processi di insegnamento e di apprendimento nella scuola dell'infanzia? Come spesso accade, le "semplici intuizioni" sono sintesi emergenti di processi di pensiero creativi, complessi e, molte volte, largamente inconsapevoli che possono condurre a soluzioni assolutamente inaspettate e contro-intuitive, anche in questo caso il riferimento all'uovo di Colombo nasce spontaneo. In effetti immaginare di introdurre nel mondo dell'infanzia un oggetto nato per la prototipizzazione industriale come la stampante 3D potrebbe apparire un atto velleitario dettato dalla moda del "technology first", tipica dello spirito del nostro tempo. Ma, a ben pensarci, così non è e per convincere chi legge mi permetto una rapida digressione. È ampiamente noto come la diffusione di massa della stampante 3D sia stato uno dei fattori più rilevanti della nascita a livello

mondiale del movimento dei cosiddetti “maker” (che in italiano potremmo sommariamente tradurre come *artigiani digitali*). Infatti grazie alla relativa facilità di utilizzo e all'economicità dei modelli di stampanti 3D attualmente in commercio la possibilità di ideare, di progettare e di concretamente realizzare (stampare) un proprio oggetto è diventato un processo alla portata di tutti. In sostanza, la “democratizzazione” e la meccanizzazione dell'atto produttivo (stampare in tre dimensioni) ha contribuito a liberare energie creative di persone che in altri tempi non avrebbero avuto nessuna possibilità di potersi esprimere; ciò è stata una delle cause della nascita della comunità dei novelli artigiani digitali (o dei “maker” se vogliamo usare l'imperante inglesismo). Concedendomi un'affabulatoria connessione con dei grandi ideali si potrebbe dire che, per vie traverse, è stato fatto un concreto passo verso la realizzazione del sogno (o utopia?) marxista di fornire la piena proprietà di un mezzo di produzione alle masse. Ma cosa c'entra tutto questo con l'educazione dei nostri bambini? Qui il ragionamento dei nostri ricercatori si fa complesso e intrigante e, per una trattazione esaustiva e tecnica, rimando il lettore ai vari capitoli di questo libro. Provo però a darne una personale sintesi. Tutto si fonda sull'analisi del processo di produzione di un dato oggetto mediante la metodologia/tecnologia della stampa in tre dimensioni. Inizialmente il “maker” costruisce (o immagina) nella propria mente un oggetto. Successivamente perfeziona questa “costruzione” mentale descrivendola testualmente, disegnando delle bozze di progetto e, nell'era dei social, la condivide con una propria comunità di riferimento. Molti, a questo punto, cominciano a realizzare manualmente dei prototipi per poi passare all'elaborazione di un progetto formale tramite il supporto dei CAD (Computer Assisted Design), specifici software usati nella progettazione ingegneristica e architettonica. Il progetto CAD guida infine la stampante 3D nella concreta produzione dell'oggetto. Se il prodotto non soddisfa il “maker” il ciclo appena descritto potrà reiterarsi fino a raggiungere per approssimazioni successive un risultato soddisfacente. È da notare che l'intero processo si sviluppa in un arco temporale non irrilevante e l'atto finale di reificazione dell'oggetto progettato (ovvero il “lavoro” della stampante 3D) potrebbe richiedere ore se non giorni (ciò dipenderà dalla qualità della stampante, dalla complessità dell'oggetto da realizzare e dall'ottimizzazione del progetto CAD). Da un punto di vista psicologico tale lungo processo coinvolge praticamente quasi tutte le funzioni cognitive superiori (pianificazione, memoria, problem solving, presa di decisione, simulazione mentale, ecc.) e, quando il “maker” si confronta o lavora in un gruppo, anche quelle socio-cognitive. Considerato che buona parte delle funzioni psicologiche appena sommariamente menzionate cominciano a emergere e a strutturarsi proprio nel periodo della seconda infanzia è dunque legittimo proporre un adattamento della “stampante 3D” per le finalità educative di bambini in età prescolare. Su questa base il gruppo di ricercatori dell'Indire ha predisposto la progettazione e l'avvio della loro ricerca. Il libro riporta ampiamente, rigorosamente e ottimamente (a parer mio) il percorso e i risultati dei primi due anni della ricerca e delinea come tale percorso si potrebbe evolvere. In particolare una delle possibili evoluzioni è stata messa a fuoco, come dicevamo un po' più sopra, da un processo di *serendipità* tipica dei buoni progetti di ricerca. Tutto è nato in una rumorosa e accogliente trattoria partenopea dove il gruppo di ricerca, il loro Presidente (prof. Giovanni Biondi) e il sottoscritto erano

convenuti come atto finale di un convegno tenutosi presso l'Università di Napoli Federico II. Come sempre capita in queste occasioni la conversazione cade su aneddoti e impressioni accaduti nel corso delle varie scuole coinvolte nella sperimentazione. Tutti i ricercatori concordavano su un punto: l'estremo entusiasmo dei bambini coinvolti nell'esperienza educativa, entusiasmo mantenuto in atto per tutto l'anno delle attività progettuali. Allorché Giovanni Biondi propose: «si potrebbe usare la stampante 3D per motivare le giovanissime menti a esplorare attività inerenti la promozione di discipline tecnologiche/scientifiche?» In effetti i contenuti delle attività e la peculiarità della stampa in tre dimensioni fanno entrare in contatto i bambini con la geometria, i numeri, la logica, la programmazione (o come oggi va di moda dire il “coding”) e la tecnologia. Il suggerimento di Biondi fu discusso e ha generato un parallelo filone di ricerca solo parzialmente riportato nel presente volume a che sicuramente verrà presentato in successive pubblicazioni.

Infine un ultimo atto di *serendipità* è emerso dopo aver letto le bozze del volume. Provo a descriverlo. A ben guardare l'utilizzo della tecnologia in tutto il processo della sperimentazione educativa è stato a bassissima intensità. La stampante 3D entra in scena come atto conclusivo e topic di un lungo percorso in cui sono state integrate metodologie didattiche fondamentalmente tradizionali (problem solving, lavoro di gruppo, narrazione, ecc.) con strumenti tecnologici relativamente nuovi (i software di CAD per bambini). La reificazione dell'oggetto prima immaginato, poi progettato e infine stampato è da considerarsi, dal punto di vista della psicologia dell'apprendimento, un puro rinforzo finale in grado di sostenere la motivazione a partecipare ad un'attività educativa realizzata gradualmente in giorni e settimane di assiduo impegno. In altre parole, la stampante 3D, ricorrendo ad un'iperbole, potrebbe considerarsi una tecnologia *riflessiva* più che interattiva. Il suo utilizzo, infatti è innescato come conseguenza di una serie di attività propedeutiche di tipo fondamentalmente riflessivo e critico. Tutto ciò è l'esatto opposto rispetto all'ossessivo compulsare interattivo dei nostri bambini sui loro tablet. Considerando tale dato di fatto, un terzo filone di attività di ricerca potrebbe dunque nascere dai seguenti quesiti: “la stampante 3D (o altre tecnologie simili) potrebbe essere usata per formare le nuove generazioni alla riflessività, alla consapevolezza e al governo dei tempi lunghi tipica dei progetti di intervento nel mondo che hanno un impatto nel mondo reale (fisico)? Una tecnologia “riflessiva” potrebbe essere usata per controbilanciare lo strapotere delle tecnologie ad alta interattività (web, tablet, smartphone, ecc.) che promuovono soprattutto comportamenti e funzioni correlate con la velocità di pensiero, l'immediata presa di decisione e l'immediato esito attuativo?”

Queste tracce appena abbozzate di probabili future indagini psico-educative rappresentano solo alcune delle tante possibili stimolate dalla lettura del presente contributo. I professionisti dell'educazione (educatori, insegnanti, pedagogisti, psicologi, ecc.) possono trovare nelle pagine che seguono un promettente seme intellettuale posto in essere dal gruppo di ricerca dell'Indire che, ne sono certo, darà degli splendidi frutti. Ringrazio quindi gli autori per gli stimoli forniti a noi tutti e auguro a tutti una proficua lettura *serendipica*.





# 1

## Il contesto di riferimento

**Lorenzo Guasti**

*Questo primo capitolo intende introdurre il lettore all'attività didattica oggetto di questa pubblicazione, focalizzandosi sulla realtà della Scuola dell'Infanzia e il contesto culturale dei "maker" al quale i ricercatori si sono ispirati. Essendo l'universo "maker" una realtà ampiamente diversificata e in continua espansione ci sembra utile fornire al lettore gli elementi che ne definiscono i confini d'interesse della prospettiva educativa e più specificatamente scolastica.*

### 1.1 La ricerca nella Scuola dell'Infanzia

Il progetto di ricerca che descriveremo in questo libro è stato realizzato in collaborazione con otto Scuole dell'Infanzia, distribuite sul tutto il territorio nazionale. All'inizio del 2014, durante la fase progettuale preliminare, il gruppo di ricerca non era a conoscenza di dati oggettivi riguardanti l'eventuale introduzione della stampante 3D in questo grado di scuola. L'attività di ricerca che ci apprestiamo a presentare nel presente testo è stata una sorta di scommessa. Considerando anche il fatto, generalmente condiviso, che nella Scuola dell'Infanzia si tende a innovare meno attraverso l'ausilio delle nuove tecnologie che nella Scuola Primaria, il gruppo di ricerca ha considerato questo progetto particolarmente strategico e vettore di notevoli spunti innovativi.

Gli aspetti positivi che hanno condotto, fin da subito, ad una sperimentazione fruttuosa riguardano l'impostazione generale della Scuola dell'Infanzia dove è abbastanza facile trovare aule polifunzionali condivise tra le classi e proposte formative "elastiche" tanto da consentire l'inserimento di una attività sperimentale di questo genere.

Inoltre l'approccio laboratoriale è insito nella natura stessa della Scuola dell'Infanzia e la manualità è un'attività preponderante, quindi davanti alla richiesta dei ricercatori di introdurre una sperimentazione del genere si è avuto, da parte delle scuole coinvolte, all'unanimità, una risposta più che positiva.

Come si vedrà approfonditamente in seguito, si sono scelte scuole aventi una configurazione delle aule simili, possibilmente con una "agorà" condivisa, la disponibilità di una LIM e la presenza del wifi.

Le prime stampanti, per avviare la ricerca, sono state fornite da Indire anche perché nel 2014, all'inizio della sperimentazione, erano pochissime le scuole di qualsiasi ordine e grado, in possesso di una strumentazione del genere.

## 1.2 I "maker space" e i contesti scolastici

Affondando le proprie radici culturali nei principi dell'attivismo pedagogico e delle "scuole nuove", passando poi per la più recente riscoperta del pensiero montessoriano e munariano, anche in Italia, come nel resto del mondo, si è assistito ai primi contatti tra il mondo della scuola e il "Maker Movement" (Donaldson, 2014).

Tale movimento, declinato per la scuola, poggia su un substrato culturale che combina lo "spirito artigianale" con il "gioco sperimentale" (Honey & Kanter, 2013). Gli studiosi identificano nella **democratizzazione dell'innovazione** l'effetto di tale movimento: gli strumenti di fabbricazione e computazione permettono di definire attività didattiche in appositi spazi del fare, sociali e collaborativi, in cui tutti possono contribuire all'innovazione (Hatch, 2014, p. 10). In questi spazi si lavora mettendo in sinergia oggetti digitali con oggetti materiali utilizzando soluzioni specifiche per generare disegni e modelli che possono poi essere concretamente prodotti con differenti tecnologie di fabbricazione tra cui le stampanti 3D (Halverson & Sheridan, 2014).

A livello internazionale esistono molteplici studi accademici che hanno analizzato diverse esperienze di utilizzo delle logiche "maker" all'interno dei contesti didattici.

A titolo esemplificativo possiamo citare il progetto **FabLab@School**, realizzato dal Transformative Learning Technologies Lab dell'Università di Stanford e ampiamente documentato attraverso articoli, conferenze e studi applicati sul campo in differenti scuole americane dove sono stati allestiti laboratori che in estrema sintesi considerano le nuove tecnologie non solo come un modo per ottimizzare il sistema educativo esistente, ma come forza di trasformazione in grado di generare radicalmente nuovi modi di conoscere e di apprendere. A livello nazionale, la diffusione dei "maker space" nelle scuole è iniziata da relativamente poco tempo e le attività di ricerca in merito sono in fase di sviluppo e approfondimento.

Calandosi nel sistema scolastico italiano, ad una prima osservazione del fenomeno, possiamo rilevare una profonda differenza fra le modalità didattiche comunemente utilizzate e quelle caratterizzanti i **Fab Lab**.

Di seguito tre caratteristiche che contraddistinguono l'agire e l'apprendere in questi spazi:

- **Un approccio hacker** alla conoscenza. Secondo Steven Levy: «gli hackers credono che gli insegnamenti fondamentali sui sistemi – e sul mondo – possano essere appresi smontando le cose, analizzandone il funzionamento e utilizzando la conoscenza per creare cose nuove e più interessanti» (Levy, S. (1984). O'Reilly Media, 2010). Quindi si apprende modificando il software e l'hardware, anche quello proprietario, "mettendoci le mani sopra", al fine di ottimizzarne l'uso e acquisire conoscenza.
- **Una metodologia "tinkering"**, basata sul trinomio «Think-Make-Improve», che prevede una fase di ideazione, di definizione dei problemi, di studio, di brainstorming, di pianificazione, una seconda fase di messa in pratica, di creazione, programmazione, osservazione, prototipazione e un'ultima fase di verifica e miglioramento di quanto fatto, che può portare alla ridefinizione delle idee e degli assunti di partenza. In questo senso l'errore non è visto negativamente ma è un'occasione per progredire e migliorare.
- **La collaborazione e la condivisione della conoscenza** in perfetta filosofia "open". Ad esempio, copiare non vuol dire barare, anzi viene promosso come attività da praticare. Il *mentor* nei "maker space" recita il motto "chiedi a tre e poi chiedi a me" favorendo il dialogo tra studenti e l'influenza reciproca, lasciando che i ragazzi copino, sbagliino e siano corretti dai loro compagni.

La strutturazione di questi primi tre aspetti sinteticamente presentati evidenzia come la proposta didattica dei *Fab Lab* si fondi su una serie di regole condivise e ben organizzate che potrebbero nel futuro essere accolte e integrate all'interno del sistema scuola in una struttura di reciproca "contaminazione".

Affinché queste specificità vengano introdotte con successo nella scuola sarà fondamentale il ruolo del docente, la sua "visione globale" della formazione, e la sua capacità di valorizzare l'innovazione come cardine di processo, ponendola al centro di tutte le fasi di messa a sistema. Prima di ciò è necessario comprendere in che misura queste innovazioni possano contribuire a superare il modello didattico ampiamente dominante, cioè quello basato prevalentemente sulla trasmissione delle conoscenze, ormai inadeguato per rispondere alle sfide poste dalla società odierna.

### 1.3 Il significato del termine "making"

Non esiste una sola definizione del termine "making" tanto che esistono diverse declinazioni e prospettive, di cui tentiamo di seguito di fornire una panoramica.

Con riferimento alle metodologie dell'istruzione che valorizzano la portata educativa del processo di «Design-Make-Play», Honey & Kanter (2013) pongono l'enfasi sulla natura "hands-on" del "making", che in italiano tradurremmo in "sporchiamoci le mani". "To make" secondo gli autori

richiama l'attività di "costruire o adattare artefatti manualmente, per il semplice piacere personale di comprenderne il funzionamento" (p. 4).

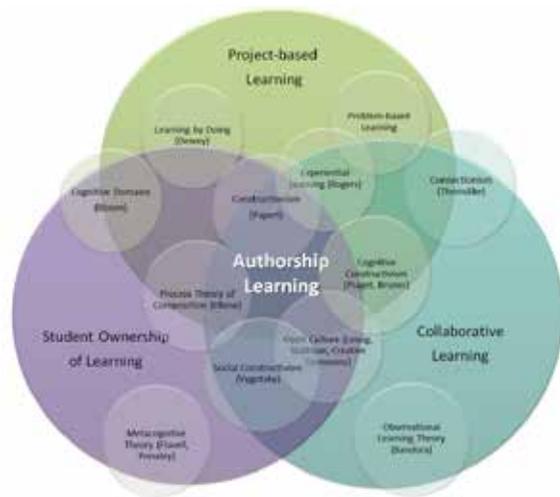
Più recentemente il contributo di Sheridan et al. (2014) permette di descrivere il processo di "making" come le attività che si svolgono in appositi "maker space", spazi del fare dove avviene una "produzione creativa nelle arti e nelle scienze, e dove le persone coniugando oggetti digitali e fisici, esplorano idee, apprendono abilità e prefigurano nuovi possibili artefatti" (p. 505).

Blikstein (2013) lega il concetto di "making" ai cosiddetti "laboratori di fabbricazione digitale", ambienti in cui entrano in sinergia processi propri della "computazione", del "thinking" e dell'ingegnerizzazione (p. 7). Tale definizione si allinea con quella data in precedenza anche da Kuznetsov & Paulos (2010) i quali associavano il "making" alla più complessa e conosciuta pratica del DIY (*Do It Yourself*) ovvero "fai da te".

Il movimento "making" richiama e consolida negli anni anche la tendenza al cosiddetto "authorship learning" (Donaldson, 2014) tratteggiando una linea educativa in cui è lo studente al centro di un processo di creazione, manipolazione e immaginazione i cui risultati vengono fortemente percepiti come "propri" e "personalizzati" (Fig. 1).

Queste definizioni aiutano a ripensare il "making" come ad una classe di attività in cui si alternano: progettazione, costruzione, modifica, riuso di oggetti o prodotti per fini utili e/o ludici. I bambini sono al centro della formazione e sono i loro interessi a guidare le attività e gli artefatti. Ciò

richeggia con il pensiero di John Dewey che sostiene «il punto di partenza di un intervento educativo sono proprio i comportamenti istintivi e le energie dei bambini» (Dewey, 1897, p. 19). Fare e apprendere attraverso il gioco, la fabbricazione, la progettazione e l'esplorazione sono componenti centrali della pedagogia "maker" (Sharple et al., 2014). L'apprendimento significativo poggia sulla possibilità di lavorare per problemi situati e sullo sviluppo di abilità alte, sostenibili tramite processi di progettazione, produzione di oggetti e confronto tra pari colmando così quella distanza tra la vita reale e talune proposte scolastiche (Dewey, 2004).



**Figura 1.** Authorship Learning. Immagine tratta dal sito The maker movement and the rebirth of constructionism. Disponibile in: <http://www.hybridpedagogy.com/journal/constructionism-reborn/>

## 1.4 Cos'è il "Movimento maker"

Gli artigiani digitali, in inglese "makers", costituiscono un movimento culturale che si basa sul tradizionale mondo del "fai da te" estendendo le applicazioni nella sfera della tecnologia e dell'informatica. I "makers" si occupano di produrre, modificare, ideare prodotti soprattutto di tipo ingegneristico, come apparecchiature elettroniche, realizzazioni robotiche, dispositivi per la stampa 3D e apparecchiature a controllo numerico. Nel "Movimento maker" convivono "vecchio" e "nuovo". I "maker" sono, infatti, sempre esistiti. I nostri nonni erano tutti "maker": costruivano da soli una considerevole percentuale delle cose che venivano utilizzate in casa, acquisendo nel corso della vita competenze da falegname, fabbro, elettricista. Inoltre prima di buttare via qualsiasi cosa tentavano, spesso riuscendoci, di "accomodarla". Negli anni '70/'80, prima dell'elettronica integrata, appartenevano alla "maker culture", sebbene inconsapevolmente, tutti coloro che in garage, in cantina o in piccoli laboratori progettavano e costruivano apparecchiature meccaniche ed elettroniche da soli, partendo da componenti singoli come transistor, resistenze, condensatori. In Italia è la "generazione di Nuova Elettronica"<sup>1</sup> che attraverso mensili e la condivisione vocale o cartacea di informazioni, imparava ad assemblare amplificatori, alarmi, timer e altri strumenti di uso quotidiano. Ricordo il padre di un amico, un radio amatore che si era costruito da solo una immensa radio ricevente, situazione per niente rara in quegli anni. Riferendosi a quel periodo, Steve Jobs era solito affermare come fosse stato fortunato a vivere gli anni della sua giovinezza in un'epoca dove era possibile costruire nel proprio garage qualcosa di interessante con strumenti alla portata di tutti, anziché comprarla. Un'inversione di tendenza si ebbe alla fine degli anni '90 e nei primi anni 2000 quando si passò dall'elettronica dei componenti all'elettronica integrata (e proprietaria) in cui una minuscola scheda conteneva tutti i componenti assemblati in modo indissolubile tra loro, questo ridusse moltissimo la libertà del singolo di modificare, accomodare, trasformare gli oggetti in questione. I "maker" non sparirono del tutto, nell'ambiente hacker continuarono a operare e scambiarsi progetti, ma diventò progressivamente più difficile "giocare" con l'elettronica e la meccanica. Gli ultimi cinque/sei anni hanno rappresentato una stagione di rinascita per il movimento "maker" che ha visto una enorme espansione su scala mondiale. Il fenomeno è da imputare in primo luogo alla diffusione di dispositivi "open hardware", fra cui spicca per importanza la scheda italiana Arduino (e Genuino), inventata e prodotta a Ivrea dall'azienda fondata da Massimo Banzi. Questi prodotti elettronici vengono "venduti assemblati" e pronti per essere installati, configurati e integrati in strumenti elettronici. Allo stesso tempo viene rilasciato liberamente lo schema di funzionamento in modo che possa nascere una comunità di sviluppatori con l'intento di migliorare il prodotto, creare delle copie potenziate, individuarne i difetti, interagendo spesso con lo stesso produttore.

<sup>1</sup> Nuova Elettronica è stata una rivista italiana fondata da Giuseppe Montuschi nel 1969 a Bologna dalle ceneri della rivista Elettronica Mese. Si occupava di hobbistica elettronica, divulgazione nell'ambito tecnico scientifico, elettromedicale e didattico, con un'impostazione pedagogica e popolare. Disponibile in: [https://it.wikipedia.org/wiki/Nuova\\_Elettronica](https://it.wikipedia.org/wiki/Nuova_Elettronica)

In pratica, la filosofia del software “open source” è stata traslata e applicata con successo all’hardware. Tra tutti i progetti nati in questi anni, Arduino è diventato uno dei più diffusi nel mondo. Come Arduino, anche il micro computer RaspberryPi ha avuto lo stesso tipo di diffusione, e successo, dal momento che è piccolo come una carta di credito, economico, molto versatile e circondato da una community di sviluppatori (hardware e software) molto numerosa.

RaspberryPi può facilmente diventare il cuore di un robot *Do It Yourself*, un media center per fruire musica e video, un vero e proprio computer con sistema operativo Linux, una console per giocare a Minecraft<sup>2</sup> o, infine, una stazione per programmare con Scratch<sup>3</sup>. In questo contesto, è facile capire quanto sia stato breve il passo che ha portato questi dispositivi elettronici a essere il cuore pulsante di altri strumenti che hanno un ruolo centrale nei “maker space”, prima tra tutti la stampante 3D. Attualmente la maggior parte delle stampanti 3D ad uso domestico o semi professionale di piccole dimensioni sono comandate da una scheda Arduino, RaspberryPi o equivalenti. Molte delle stampanti oggi in commercio sono derivazioni del progetto open hardware denominato *RepRap* che è l’acronimo di REPLICating RAPid Prototyper, la prima stampante low cost, open, pensata per un uso domestico, replicabile e in grado di stampare i pezzi necessari per costruire un clone di se stessa. Questo strumento è stato uno dei simboli, nonostante gli evidenti limiti connessi in ogni innovazione, dell’attuale affermazione della “maker culture” dimostrando in modo concreto come sia possibile costruire in proprio gli oggetti di uso comune, azzerando gli intermediari e portando la produzione realmente al Km 0. Questo interessantissimo fenomeno, come si è detto poco sopra, si è sviluppato principalmente all’interno di laboratori attrezzati denominati “maker space” che sono nati in ogni angolo del mondo. Molti di essi si sono associati, si sono dati delle regole etiche e un codice di comportamento diventando, di fatto, delle reti mondiali. La più famosa associazione è quella che lega tra loro i *Fab Lab*, sigla che significa Fabrication Laboratory. Ad oggi c’è almeno un laboratorio per ogni regione italiana ma spesso il numero è molto maggiore, come è possibile vedere consultando una mappa interattiva aggiornata, esistente online<sup>4</sup>. I *Fab Lab* da subito si sono posti l’intento di interagire con le diversificate agenzie presenti sul territorio costituendosi come agenzie formative capaci di comprendere, interpretare e rispondere alle peculiarità del contesto circostante.

2 Minecraft (disponibile in: <https://minecraft.net/it/>) è il più diffuso videogioco al mondo. Tecnicamente viene definito come una “sandbox” ovvero un luogo dove l’utente, che comanda un personaggio animato, può teoricamente fare quello che vuole: costruire, relazionarsi, combattere.

3 Scratch (disponibile in: <https://scratch.mit.edu/>) è un linguaggio di programmazione visuale sviluppato al MIT e pensato per i bambini. L’ambiente di sviluppo è molto intuitivo e per questo motivo si è diffuso moltissimo in tutto il mondo.

4 Mappa disponibile in: [http://makeinitaly.foundation/wiki/FabLab\\_Map](http://makeinitaly.foundation/wiki/FabLab_Map)

## 1.5 Breve storia della stampante 3D (dall'industria, al mercato consumer, sino alla scuola)

Le stampanti 3D sono nate, come la maggior parte dei prodotti a forte impronta tecnologica, per scopi industriali. In particolare sono state sviluppate, usando molteplici tecnologie, per la prototipazione rapida di oggetti da testare e poi eventualmente mettere in produzione usando tecnologie diverse. La stampante 3D è di per sé un prodotto di ricerca, ideato e utilizzato per la realizzazione di oggetti nuovi. Anche la storia delle diverse tecnologie di stampa 3D dimostra quanto l'argomento sia in veloce evoluzione e quanti siano ancora gli sviluppi possibili.

Dalle industrie la stampante 3D si è diffusa poi nei "maker space", nei **Fab Lab** e infine nelle scuole, partendo dagli Istituti Tecnici, luoghi in cui ha trovato una naturale applicazione con i corsi di disegno e progettazione meccanica. Ad oggi la sua diffusione riguarda scuole di ogni ordine e grado, e la stampante 3D risponde a diversissime necessità didattiche.

L'anno di svolta è stato il 2005 quando venne lanciato il progetto **RepRap**. La community di sviluppo presentò dei dispositivi ispirati ai modelli evolutivi di Mendel e Darwin. Il progetto **RepRap** rimane una pietra miliare nella storia della stampante 3D. Inoltre la **RepRap** è lontana dal modello di stampante che si ritiene possa essere collocata agevolmente dentro una scuola.

Il passo successivo, compiuto da **Makerbot**, è stato quello di mettere in commercio un kit da assemblare molto più accurato della **RepRap** e dunque in grado di fornire un prodotto maggiormente fruibile in laboratorio anche considerando che la stampante era pensata per stare dentro un involucro di protezione, un **case**. Da lì in poi si sono moltiplicate le aziende che hanno messo in commercio stampanti consumer sia vendute in kit che direttamente assemblate in fabbrica. Come in tutti gli ambiti, le macchine si sono perfezionate e i prezzi si sono livellati. Anche in Italia sono così nate diverse aziende che hanno prodotto macchine di buona qualità.

Negli ultimi anni, nel mondo e in Italia, sono apparse sul mercato stampanti 3D appositamente pensate per essere usate a scuola con particolari accorgimenti tecnici che hanno reso l'utilizzo più semplice e più sicuro in modo tale da rendere l'attività degli insegnanti più agevole.<sup>5</sup>

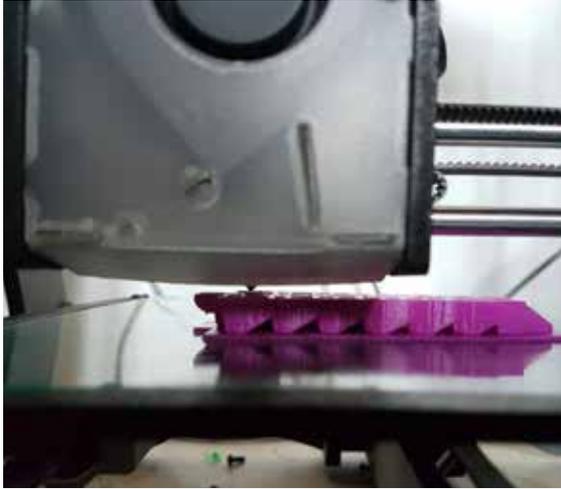
In particolare, come si vede nella Fig. 2, per la ricerca oggetto del presente lavoro sono state scelte stampanti 3D di tipo FDM (acronimo che sta per Fused Deposition Modeling<sup>6</sup>) che realizzano oggetti in tre dimensioni utilizzando un filamento di materiale plastico che viene depositato strato su strato. Le stampanti economiche che si possono trovare a scuola sfruttano questa tecnologia poiché è la più semplice e la meno costosa.

In seguito, nella seconda parte del libro, troverete delle indicazioni specifiche che aiuteranno il

<sup>5</sup> Guasti, L., Niewint, J., Bassani, L., "Stampanti 3D, cinque modelli a confronto". In Indire, 19 maggio 2016 (disponibile in: <http://www.indire.it/2016/05/19/5-stampanti-3d-a-confronto/>).

<sup>6</sup> In questa tecnologia viene utilizzato un filamento costituito da polimeri (ci sono diversi diametri i più utilizzati e reperibili in commercio sono il 3 mm e 1,7 mm) il quale viene riscaldato da una resistenza posta all'interno di un estrusore che rilascia il filo sotto forma di una serie di strati (in inglese slices). In questo modo si riesce a dar forma all'oggetto. In commercio si trovano molti materiali che supportano questa tecnica. I più comuni sono: PLA (di derivazione organica - mais), ABS, Laywood (PLA misto a segatura di legno), PVA, HIPS, materiali gommosi come il Ninja flex.

lettore a scegliere la stampante 3D ottimale per la scuola.



**Figura 2.** Stampante 3D di tipo FDM

Lo sviluppo delle stampanti 3D è in continua e veloce evoluzione ampliando le possibilità di utilizzo e lo spettro dei materiali attraverso cui vengono realizzati gli oggetti a tre dimensioni. Non esiste la stampante perfetta ma è oggi possibile scegliere il modello migliore in base alle proprie esigenze, al percorso didattico e alle finalità di interesse.



# 2

## Elaborare le informazioni: teorie di riferimento e prospettive di utilizzo della stampante 3D

**Alessia Rosa**

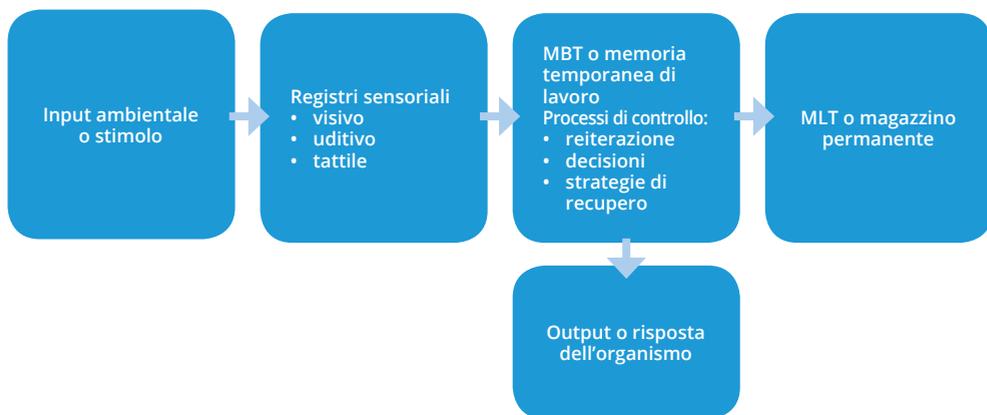
*Qualunque innovazione didattica deve basarsi sulla consapevolezza e la condivisione dei meccanismi che caratterizzano e condizionano l'apprendimento al fine di ipotizzare (e poi verificare) su quali aspetti dell'imparare tale innovazione può incidere, ponendosi come reale supporto didattico piuttosto che come "moda pedagogica" passeggera. Per tali ragioni la ricerca e la proposta didattica, di cui questo testo intende dare conto, si è posta quale primo elemento di riflessione l'individuazione e la definizione dei meccanismi che caratterizzano e condizionano l'acquisizione e la rielaborazione dell'informazione. Le teorie in tal senso sono molteplici e non avrebbe senso cercare di sintetizzare in un unico capitolo una letteratura ampia e ricca, sia storicamente che culturalmente. Preferiamo dunque riprendere alcuni aspetti soprattutto connessi alla psicologia cognitiva e alle neuroscienze cognitive, che sono state le macro aree teoriche su cui si basano le riflessioni che ci hanno portato all'elaborazione dei percorsi che ci apprestiamo a presentare in questo volume.*

*È ormai patrimonio comune la consapevolezza che l'uso delle tecnologie in sé non migliora l'apprendimento, sono piuttosto le strategie didattiche all'interno delle quali tali tecnologie vengono inserite che possono agevolare specifici processi di apprendimento soprattutto con bambini del primo ciclo (Tamim et al., 2011; Mayer, 2013), ma perché tali strategie possano ipotizzarsi come funzionali devono fondarsi su solide basi teoriche connesse ai processi di conoscenza. Per tali ragioni condividiamo i presupposti teorici sull'apprendimento*

*che hanno guidato la predisposizione dell'attività in classe, ciò ci consentirà inoltre di esplicitare il significato attribuito ad alcuni dei termini utilizzati nella dissertazione successiva e supportare le scelte metodologiche compiute. Iniziamo dunque questo breve excursus a partire dalla prospettiva della psicologia cognitiva.*

## 2.1 L'elaborazione dell'informazione: la prospettiva della psicologia cognitiva

Le rappresentazioni e i processi mentali che consentono di percepire e rielaborare le informazioni alla base del comportamento possono essere definite come processi cognitivi (Job, 1998). Attraverso le funzioni mentali quali ad esempio la percezione, l'attenzione, la memoria, il pensiero è possibile per l'essere umano (indipendentemente dall'età) conoscere la realtà. Più specificatamente l'attività dei processi mentali consiste nel trasformare, ridurre, elaborare, acquisire e recuperare le informazioni ottenute dai sistemi sensoriali (Neisser, 1967). Ciò significa che quanto percepiamo con i nostri sensi non viene acquisito in modo "diretto" ma al contrario viene da ognuno attivamente rielaborato, immagazzinato nella memoria e recuperato per svolgere altre attività cognitive, quali ad esempio trovare la soluzione di un problema, scrivere o prendere delle decisioni. L'attività di elaborazione coinvolge un ampio numero di processi cognitivi, come la percezione, l'attenzione e la memoria (oltre ai processi metacognitivi). I processi cognitivi si riferiscono principalmente a processi consci e a risposte volontarie (Malim, 1995). La letteratura attuale sottolinea che rispetto al modello HIP<sup>1</sup> (Norman & Borrow, 1975) (Graf. 1) il flusso delle informazioni e gli stadi lì descritti possono seguire sia uno sviluppo seriale sia parallelo.



**Grafico 1.** Il modello HIP

<sup>1</sup> Human Information Processing (HIP, elaborazione dell'informazione umana), si ispira alla cibernetica, sostenendo l'analogia tra operazioni della mente umana e processi di elaborazione dei dati eseguiti dai computer.

A ciò va aggiunto che il flusso dell'informazione intercorre sia tra il soggetto e l'ambiente circostante sia all'interno della mente di un soggetto (Malin, 1995). Tale aspetto è particolarmente importante nella definizione dei setting didattici e nella strutturazione dei tempi di apprendimento.

Per eseguire anche le più semplici attività cognitive (verificare un'informazione, risolvere un piccolo problema di matematica) è necessario non solo disporre di un numero rilevante di processi, ma anche saper coordinare e controllare in modo efficace l'intera attività mentale.

Qui "entra in gioco" la meta cognizione cioè l'insieme di attività psichiche che regolano in modo consapevole il funzionamento cognitivo (Cornoldi & Caponi, 1991) ossia che fanno in modo che il processo cognitivo venga attivato, condotto secondo una determinata sequenza, terminato e valutato. Più specificatamente nella meta cognizione si riconoscono tre distinti contenuti: la conoscenza meta cognitiva, l'attività di regolamentazione meta cognitiva e la loro integrazione.

La conoscenza meta cognitiva si può genericamente definire come ciò che il soggetto sa delle sue capacità cognitive, ossia la comprensione di come apprende e dei fattori che possono influenzare la sua prestazione, le conoscenze sulle modalità in cui si esegue una strategia cognitiva, le conoscenze relative al "quando" e al "perché" è utile utilizzare una strategia piuttosto che un'altra.

Le attività meta cognitive relative al controllo e alla regolazione dell'attività cognitiva si declinano in tre sottogruppi: attività di pianificazione, attività di controllo durante il processo di sviluppo e attività di valutazione (Comoglio, 1997).

Non si tratta di operazioni asettiche (quasi nella prospettiva di un personal computer che agisce secondo procedure standard ripetibili all'infinito a fronte di dati di partenza simili) ma interagiscono con un ampio spettro di elementi connessi all'emozione, alla motivazione, al senso di autoefficacia e così via (Borkowski & Muthukrishna, 1994).

La ricerca sulla cognizione (parallelamente all'evoluzione del comportamentismo) ha condotto all'attuale concezione dell'apprendimento, che in primo luogo evidenzia come gli oggetti di apprendimento sono vari e possono essere complessi come nel caso degli apprendimenti relativi a concetti, regole e procedure per rispondere efficacemente a situazioni nuove. Conseguentemente l'acquisizione di oggetti di apprendimento è il risultato di una complessa elaborazione dell'informazione.

In tale impostazione di pensiero elementi come la memoria (tradizionalmente deputata ad una fase successiva e di conservazione delle conoscenze apprese) acquisisce un ruolo assai differente diventando cardine del processo di apprendimento in relazione ad altri processi cognitivi, metacognitivi e, non per ultimi, emotivi e motivazionali.

In sintesi, è ormai patrimonio comune la consapevolezza che la conoscenza è frutto di un processo di costruzione, non solo di "registrazione", attraverso le conoscenze pregresse e l'organizzazione delle stesse in schemi. Quest'ultimi possono essere definiti come strutture astratte di conoscenze che si formano attraverso la ripetizione di alcune esperienze nelle quali è possibile,

sebbene per lo più in modo inconsapevole, astrarre caratteristiche comuni inseribili in precisi schemi mentali. Gli schemi sono importanti perché ci aiutano a dare senso alle informazioni provenienti da contesti differenti, consentendo quel *transfert cognitivo* centrale nei processi didattici. Possono quindi essere considerati strumenti di “unificazione” di saperi diversificati.

In conclusione, possiamo affermare che la visione dell'apprendimento che il cognitivismo ci fornisce è una prospettiva strategica in cui ognuno di noi, affina con il tempo le procedure attraverso le quali affrontare i differenti compiti in vista di una specifica finalità da raggiungere.

Le strategie, a differenza degli schemi, sono per lo più attività intenzionali e controllate, che nel tempo possono diventare automatizzate (Cornoldi, 1995). In quanto intenzionali le strategie sono inoltre insegnabili attraverso percorsi che garantiscono l'autonomia e l'autoregolazione degli allievi. In tali percorsi e con tali finalità la stampante 3D trova un primo importante ambito di applicazione come esplicheremo meglio nel corso di questa introduzione teorica.

## 2.2 La prospettiva delle neuroscienze cognitive

Presentiamo in questa sezione una brevissima sintesi dell'approccio proposto delle neuroscienze cognitive sul funzionamento della mente durante i processi di apprendimento, con l'obiettivo di integrare la prospettiva sopra esposta con una visione capace di dare maggior rilievo al funzionamento biologico nei processi di conoscenza. Ci soffermeremo in questa breve dissertazione soprattutto sullo sviluppo e il funzionamento dei fenomeni mentali complessi quali: la percezione, l'attenzione e la memoria, i processi esecutivi (quali la metacognizione), il linguaggio e la dimensione emotiva.

Crediamo utile presentare l'integrazione delle due prospettive in quanto “la mente esiste dentro e per un organismo integrato: le nostre menti non sarebbero quello che sono se non fosse per l'azione reciproca di corpo e cervello” (Damasio, 1994, p.24).

Tale prospettiva si fonda su tre fondamentali assunti di base secondo cui: il corpo e il cervello rappresentano un organismo non dissociabile; l'organismo interagisce con l'ambiente come un insieme; i processi fisiologici denominati “mente” derivano dall'insieme strutturale e funzionale e non solo dal cervello.

Una prima teoria funzionale ad una più strutturata comprensione dei sistemi di apprendimento è la teoria della selezione dei gruppi neuronici (TSGN) elaborata da Gerald Edelman, in quanto rappresenta un modello dettagliato delle strutture e dei processi che sono alla base delle nostre facoltà cognitive.

Secondo tale teoria lo sviluppo del cervello, soprattutto per quanto riguarda la categorizzazione percettiva e la memoria, non avviene in termini di istruzioni preesistenti. Al contrario il cervello è dotato sin dalla nascita di una sovrabbondanza di neuroni e si organizza attraverso un meccanismo che ricorda la selezione naturale darwiniana: a seconda del grado di effettivo utilizzo, alcuni gruppi di neuroni muoiono, altri sopravvivono e si rafforzano.

L'unità su cui si effettua la selezione non è il singolo neurone, bensì i gruppi di neuroni, costituiti da un numero variabile di cellule che va da alcune centinaia a molti milioni.

La TSGN individua tre principi che regolano il funzionamento neuronale (Rivoltella, 2012).

1. Il principio inerente la **selezione in fase di sviluppo** secondo cui le trasformazioni anatomiche nel cervello intervengono durante tutta la fase del suo sviluppo. «Nelle prime fasi dello sviluppo embrionale e postnatale vengono gettate le basi per la formazione dell'anatomia del sistema nervoso centrale e periferico di una data specie. Le variazioni epigenetiche dei circuiti di connessione tra i neuroni in crescita generano vere e proprie mappe neuronali specifiche per le diverse aree cerebrali<sup>2</sup>». Attraverso questa fase si forma il repertorio primario cioè una popolazione variabile di gruppi di neuroni in una data regione del cervello.
2. Il principio della **selezione esperienziale** è il mutamento funzionale del cervello (quindi non anatomico) che avviene attraverso i suoi comportamenti che producono, grazie a specifici meccanismi biochimici, il rafforzamento (o al contrario l'indebolimento) delle relazioni sinaptiche. Attraverso tale selezione si forma il repertorio secondario costituito da un insieme di sinapsi attive che funzionano come un circuito.
3. Il **rientro** esplicita come interagiscono tra loro le mappe cerebrali formatesi attraverso i meccanismi sopra esposti. La selezione di più gruppi neuronici e la loro organizzazione coerente produce una mappa. Ogni mappa è specializzata e ha funzioni distinte dalle altre, sebbene i neuroni che la compongono possano essere collegati a gruppi neuronici di altre mappe. All'interno di tali connessioni quando viene stimolato il gruppo neuronico di una determinata mappa, parallelamente, attraverso il segnale di rientro, viene selezionato anche qualche altro gruppo neuronico di altre mappe. Questo processo fornisce una base per la categorizzazione percettiva, che consiste nell'attività del cervello di generare categorie dell'esperienza, per meglio adattarsi all'ambiente. I segnali possono provenire dal mondo esterno, e in tal caso la connessione tra le mappe avviene su base topografica, oppure dall'interno dando vita ad un altro tipo di rientro che implica una selezione sulle mappe al di là dei segnali sensoriali, tale processo è la cosiddetta sintesi ricorsiva.

Una prima considerazione che possiamo dedurre dalla teoria TSGN è la visione di un sistema complesso capace di modificarsi nel tempo i cui risultati, in termini di risposte, derivano dall'interazione di tutti i fattori coinvolti nella mappa. Anche le teorie afferenti alle neuroscienze cognitive affermano che la nostra mente è lontana (come già abbiamo precedentemente evidenziato) da una struttura rielaborativa rigida e meccanica, che escluderebbe tra l'altro la valutazione emotiva dai processi di conoscenza.

Al contrario nelle attività di analisi cognitiva la valutazione emotiva ha un ruolo rilevante come dimostra la teoria del marcatore somatico di Damasio (1994).

In primo luogo l'autore differenzia le emozioni primarie, innate e collegate al funzionamento

---

<sup>2</sup> Disponibile in <http://www.treccani.it>

del sistema libidico, e le emozioni secondarie che sono invece acquisite. Quando viviamo una qualunque esperienza quest'ultima è caratterizzata da sensazioni piacevoli o spiacevoli che possiamo definire stati somatici, quando tali stati insorgono in corrispondenza di determinate immagini mentali, "marcano" tale immagine e vengono perciò definiti "marcatori somatici".

In taluni casi i marcatori dipendono da emozioni primarie (ciò avviene quando i fattori interni condizionano la generazione dei marcatori attraverso piacere e dispiacere) ma per lo più si generano dal nostro cervello in relazione a fattori esterni, quali: esperienze, valori e norme sociali connessi a ricompense o punizioni. Il valore dei marcatori somatici è esplicitato da Damasio di cui riportiamo la citazione: «[...] Il richiamo del segnale emozionale assolve a compiti importanti. Implicitamente o esplicitamente, esso porta a concentrare l'attenzione su particolari aspetti del problema e pertanto migliora la qualità del ragionamento. Un segnale palese innescherà allarmi automatici nei confronti di opzioni che, probabilmente, avrebbero esiti negativi. Una sensazione viscerale può sconsigliarci di compiere un passo che, a suo tempo, ha avuto conseguenze negative, e questo ancora prima che il nostro ragionamento ci dica: "non farlo". Ma il segnale emozionale, anziché attivare l'allarme, può anche spingerci a prendere rapidamente una certa decisione, perché, nella storia del sistema, essa ha finito con l'essere associata a un esito positivo. In breve, il segnale in questione marca opzioni ed esiti attribuendo loro una valenza positiva o negativa, che restringe lo spazio della decisione e aumenta la probabilità di conformare l'azione presente all'azione passata. Poiché, in un modo o nell'altro, i segnali riguardano il corpo, cominciai a riferirmi a queste idee come all'ipotesi del marcatore somatico. Il segnale emozionale non è un sostituto del ragionamento vero e proprio, ma ha semplicemente un ruolo ausiliario, giacché ne aumenta l'efficienza e lo velocizza. In qualche caso, può renderlo quasi superfluo, come accade, per esempio, quando respingiamo immediatamente un'opzione che condurrebbe a un disastro sicuro o viceversa, cogliamo al volo una buona opportunità in base alla sua elevata probabilità di successo» (Damasio, 2003, p. 180-81). Nelle dinamiche di scelta il marcatore semantico ci aiuta inoltre a fare previsioni ed è alla base di due processi fondamentali della conoscenza: l'attenzione di base e la memoria di base.

## 2.2.1 L'attenzione e la memoria

Che cosa sia l'attenzione non è di immediata definizione, se pensiamo ad un contesto classe ad esempio due insegnanti potrebbero giudicare l'atteggiamento di uno stesso allievo in relazione all'attenzione in modo molto diverso. Se l'allievo in questione fosse fermo, in silenzio con lo sguardo rivolto alla lavagna potrebbe apparire ad un insegnante assorto nei suoi pensieri e all'altro attento alla lezione.

Definiamo dunque l'attenzione attraverso due elementi costitutivi della stessa ossia: la capacità di indirizzare il comportamento e la capacità dello studente, realmente attento, di reagire agli stimoli provenienti dall'ambiente. Esistono poi due principali tipologie di attenzione: l'attenzione

involontaria e l'attenzione volontaria, la prima è innescata da uno stimolo esterno e supportata da meccanismi neuronali autonomi (ad esempio quando all'improvviso sentiamo suonare un allarme). L'attenzione volontaria invece attribuisce valore a stimoli esterni non rilevanti di per sé ma che assumono un valore specifico a seconda di ciò a cui si intende prestare attenzione (quando, ad esempio, siamo in una stazione ferroviaria il cartellone con gli orari e le indicazioni dei binari e degli eventuali ritardi divengono rilevanti nella misura in cui il nostro interesse è quello di prendere un treno, se siamo in stazione solo per acquistare un biglietto tutti questi elementi saranno per noi assolutamente irrilevanti).

Entrambe queste tipologie di attenzione hanno una stretta connessione con la memoria, nello specifico l'attenzione involontaria in relazione alla memoria implicita e l'attenzione volontaria con la memoria esplicita.

La memoria esplicita è ciò a cui più comunemente ci si riferisce quando si parla di memoria ed è l'immagazzinamento di informazioni su persone, fatti, luoghi e cose che richiede attenzione conscia per essere richiamati. Con il termine memoria implicita ci riferiamo invece all'immagazzinamento mnemonico che non richiede attenzione conscia per essere richiamato, e che in genere si configura sotto forma di abitudini, di strategie percettive o motorie.

Gli studi sulla memoria sono molti tra cui quelli di Eric Kandel (2010) che hanno evidenziato come la memoria a lungo termine sia frutto di un processo anatomico connesso alla plasticità del cervello (ciò significa che l'esperienza può modificare l'assetto delle sinapsi e conseguentemente la geografia della corteccia celebrale) mentre la memoria a breve termine è il risultato di un processo funzionale in quanto dipende dal rafforzamento di una relazione sinaptica.

L'ambito di interesse in questa sede degli studi sulla memoria risiede nel fatto che sulla nostra possibilità di ricordare agisce un vincolo biologico, per cui un numero ridotto di conoscenze affidate alla memoria a breve termine potrà essere inserito tra quelle a lungo termine, e che i geni rispondono alle stimolazioni ambientali. Le stimolazioni ambientali sono molteplici, naturalmente ci occupiamo, nella presente dissertazione, di quelle connesse all'apprendimento.

## 2.2.2 La previsione e la categorizzazione

Assistiamo dunque ad un processo di reciproco "condizionamento" tra mente e apprendimento, che dà il senso di una realtà complessa e affascinante, ad oggi ampiamente inesplorata, in cui attenzione e memoria sono senza dubbio elementi importanti in relazione a cosa noi impariamo dall'universo che ci circonda e come attiviamo comportamenti adeguati e decisioni coerenti.

Affinché ciò avvenga, due processi fondamentali della conoscenza sono: la previsione e la categorizzazione delle percezioni. Conoscere è infatti prevedere, cioè imparare ad aspettarsi cosa potrà avvenire sulla base del modello della realtà che ci siamo formati a partire dalle strutture a priori, in parte frutto dell'evoluzione e presenti in noi dalla nascita e, in parte, frutto delle nostre

esperienze categorizzate in base al valore che assumono per noi.

A loro volta previsione e categorizzazione sono possibili grazie all'attenzione e alla memoria. Tali processi vedono continui stimoli non solo nei percorsi strutturati propri della scuola ma anche nella quotidianità.

Un altro importante input fornito dalla ricerca neuro scientifica alla didattica è la centralità del feedback sia per rafforzare la correlazione tra una certa esperienza e una determinata associazione sinapsica, sia per affinare il sistema previsionale. La spiegazione neuroscientifica di tale associazione va cercata nell'attività dei neuroni dopaminergici, detti anche neuroni della ricompensa. Tali neuroni liberano dopamina in relazioni a situazioni piacevoli per il soggetto. La vera causa del rilascio di dopamina non risiede però nella ricompensa, quanto piuttosto nell'errore (Frith & Paulesu, 2009), in quanto se mi aspetto un determinato risultato e ciò arriva, i neuroni dopaminici non liberano dopamina e di fatto non apprendo ma trovo conferma a quanto già conoscevo. Invece quando la mia previsione viene smentita, mi trovo nella situazione di dover riconsiderare il valore dell'esperienza implementando le informazioni attraverso le quali potrò avanzare previsioni future (Rivoltella, 2014).

Non ci serve dunque necessariamente un riconoscimento, anzi sbagliando si impara sia a scuola che nelle esperienze esterne a essa. In relazione a ciò è utile sottolineare come è alla struttura scolastica che spetta l'importante compito di riuscire a cogliere e "sfruttare" quanto appreso all'esterno, elaborando opportunità didattiche capaci nel sostenere la riorganizzazione e nel fissare la propria architettura neurale.

I problemi che incontriamo nella vita reale, e dalla cui risoluzione apprendiamo, sono problemi assai differenti da quelli che vengono spesso posti in contesto scolastico, che per lo più prevedono una sola modalità di soluzione.

Nei problemi comunemente posti in contesto scolastico, si attiva un processo definito «Vertical Decision Making» (VDM) per cui si richiede agli alunni di impegnarsi per individuare l'unica risposta possibile, mentre quando si propongono problemi aperti si attiva un processo denominato «Adaptive Decision Making» (ADM)<sup>3</sup> in quanto si richiede una strategia decisionale complessa.

Non si tratta semplicemente di proporre proposte diversificate e tra loro alternative, poiché con il VDM di fatto richiediamo l'applicazione di algoritmi e la loro routinizzazione, mentre nel caso dell'ADM la prima difficoltà sta nel fatto che la situazione/problema deve essere scomposta e sottratta da qualunque forma di ambiguità per poter individuare una soluzione che verrà elaborata per quella specifica situazione, nel caso di contesti simili la soluzione individuata dovrà comunque essere riadattata e modificata.

A fronte dei due tipi di processi cognitivi entrambi gli emisferi cerebrali sono coinvolti ma con un grado di coinvolgimento differente a seconda che prevalga il principio di novità o di routine.

<sup>3</sup> È interessante evidenziare che a seconda del prevalere di uno stile ADM o VDM nella presa di decisioni si possono rilevare dei differenti stili cognitivi e delle differenze di genere.

I problemi elaborati nelle proposte didattiche con la stampante 3D richiedono l'attivazione di processi di Adaptive Decision Making come avremo modo di esplicitare nei paragrafi seguenti.

## 2.3 L'attività didattica con la stampante 3D per il potenziamento cognitivo

Il percorso didattico relativo alla stampante 3D elaborato all'interno del progetto di ricerca *Costruire giocattoli con la stampante 3D* ha definito una serie di proposte didattiche a partire da problemi aperti, inserite in uno sfondo integratore narrativo e ludico, che possono configurarsi come un vero e proprio percorso di potenziamento cognitivo. All'interno di questa prima sezione teorica crediamo opportuno sintetizzare gli elementi cardine del potenziamento cognitivo, convinti che le connessioni tra questa sezione e la struttura del progetto e delle attività saranno immediatamente chiare al lettore, attraverso la lettura del progetto di ricerca (cap. 4) e dei compiti a esso correlati (cap. 5).

La nozione di potenziamento cognitivo deriva dal concetto di sviluppo prossimale di Vygotskij inteso come lo spazio tra: il livello di sviluppo attuale di un bambino (la sua capacità di soluzione di problemi) e il suo livello di sviluppo potenziale (cioè la sua capacità di risolvere un problema con l'ausilio di un adulto).

Con l'espressione potenziamento cognitivo si intende l'ampliamento delle capacità mentali di base di un soggetto (Bostrom & Sandberg, 2009) attraverso un vero e proprio allenamento mentale, finalizzato all'utilizzo di metodi e tecniche per percepire e rappresentare adeguatamente i problemi, affrontarli attraverso strategie efficaci e riuscire a riflettere adeguatamente su quanto fatto.

Tale allenamento se proposto con continuità può condizionare la capacità dei circuiti nervosi variando la loro struttura e funzione con l'obiettivo di rispondere a stimoli cognitivi o sensoriali (Fabio & Pellegatta, 2005).

«Le capacità mentali interessate rimandano all'area della cognizione, in termini di acquisizione di informazione (percezione), selezione delle informazioni rilevanti (attenzione), rappresentazione delle informazioni rilevanti (comprensione), ritenzione delle informazioni (memoria) e utilizzo delle stesse per pianificare azioni e metterle in atto (ragionamento e coordinazione pensiero-azione). Gli interventi di potenziamento cognitivo riguardano una o più delle capacità suddette». (Trincherò in Grimaldi, 2015, p.67).

Il potenziamento cognitivo non si rivolge unicamente a soggetti in stato di privazione o difficoltà, ma si basa sull'assunto per cui le funzioni cognitive sono migliorabili attraverso opportuni interventi.

Basandosi sulle indicazioni promosse dell'Evidence Based Education (Ebe) e sulle teorie del funzionamento cognitivo Trincherò ha sintetizzato i fattori maggiormente efficaci nel promuovere gli apprendimenti desiderati (2015), rendendo espliciti alcuni importanti processi.

- a. Considerare l'apprendimento come il processo di costruzione e progressivo affinamento di rappresentazioni mentali. Il soggetto in situazione di apprendimento costruisce rappresentazioni mentali attraverso l'interazione con l'ambiente e altri soggetti da cui esperisce informazioni. All'interno di tale interazione il soggetto assegna significato alle informazioni e le collega alle strutture di conoscenza pregresse. Tali significati associati alle informazioni passano alla memoria a lungo termine (Anderson, 2009). Al fine di favorire la corretta assegnazione di significato è utile progettare interventi finalizzati al potenziamento del vocabolario dei soggetti coinvolti.
- b. Promuovere l'uso attivo delle conoscenze e l'elaborazione non superficiale dei contenuti. Affinché l'elaborazione possa dirsi profonda è utile supportare il soggetto nell'applicare ai contenuti esperiti una pluralità di processi cognitivi, al fine di sviscerarne i significati e produrne buone rappresentazioni.
- c. Fornire un adeguato supporto cognitivo e motivazionale. Per la costruzione delle rappresentazioni mentali è importante proporre attività sfidanti adeguate alle fasi di sviluppo del soggetto. Le attività proposte devono inoltre far emergere le rappresentazioni mentali così che possano essere eventualmente corrette.
- d. Utilizzare in modo sistematico il feedback.
- e. Rendere progressivamente autonomo lo studente nella costruzione e nell'autovalutazione delle proprie rappresentazioni. L'allievo deve progressivamente essere in grado di individuare errori o potenzialità della soluzione elaborata.
- f. Gestire il carico cognitivo. Non vi è una reale corrispondenza tra più stimoli forniti agli allievi e maggior apprendimento. La mente ha una capacità di elaborare le informazioni limitata, è bene dunque valutare con attenzione il carico cognitivo delle progettazioni delle proposte didattiche. Il soggetto che apprende spesso si trova sottoposto ad un carico cognitivo intrinseco, cioè connesso all'effettiva complessità del compito e al livello di expertise di chi apprende, e ad un carico cognitivo estraneo che di fatto non supporta l'acquisizione di apprendimenti e può dunque essere ridotto in fase di progettazione attraverso la segmentazione del compito in elementi più semplici (chunking), la sequenzializzazione dello stesso in step (sequencing) e il controllo dell'allievo sul ritmo di presentazione delle informazioni (pacing). In quest'ultimo caso è il soggetto che decide di passare all'operazione successiva solo quando sente di padroneggiare adeguatamente quelle precedenti.
- g. Automatizzare l'uso delle rappresentazioni mentali, con l'obiettivo di ottimizzare il carico cognitivo consentendo all'allievo di attribuire significato alle nuove informazioni esperite e di svolgere attività che implicano tali rappresentazioni. L'automatizzazione dell'uso delle rappresentazioni avviene attraverso lo svolgimento di attività intenzionali e intrinsecamente motivanti.
- h. Inserire nelle rappresentazioni mentali elementi che favoriscano la trasferibilità, supportando gli allievi anche nell'individuazione dei contesti in cui i contenuti appresi possono essere applicati.
- i. Abituare i soggetti ad affrontare problemi nuovi e mai esperiti prima. A fronte di situazioni di questo tipo diviene utile, o addirittura necessario per l'allievo, riuscire a leggere il problema

riconoscendo gli elementi essenziali, individuando analogie con altri problemi simili precedentemente affrontati o riuscire a riformulare problemi sconosciuti in situazioni con cui hanno maggior familiarità. A tal fine è importante elaborare la situazione problema in modo che gli allievi si sentano sostenuti.

- j. Proporre attività strutturate di gruppo in modo da poter rafforzare le rappresentazioni mentali dei singoli.

Gli elementi elencati da Trincherò possono trovare applicazioni in differenti attività di potenziamento cognitivo e, come sarà esplicitato nella definizione dei compiti ideati per il percorso con la stampante 3D, hanno supportato diverse scelte progettuali di tali attività che, tra l'altro, propongono problemi aperti, forniscono feedback continui attraverso la stampa 3D delle soluzioni elaborate, coinvolgono i bambini in lavori di gruppo e sono altamente motivanti.

Al di là delle specificità delle attività ideate per l'attività di ricerca sulle stampanti 3D, più in generale possiamo affermare che nella definizione di un intervento di potenziamento cognitivo un primo passo è quello di individuare il livello di sviluppo delle funzioni cognitive di base che si intende aumentare, e stabilire il livello potenziale che l'allievo potrebbe raggiungere. Per fare questo è necessario osservare gli allievi in situazioni di problem solving<sup>4</sup> e/o la somministrazione di test diagnostici<sup>5</sup>.

Attraverso tali strumenti è possibile delineare un profilo individuale per ogni soggetto.

La seconda fase implica il coinvolgimento degli allievi nella risoluzione di problemi aperti organizzando la risoluzione secondo il modello di competenza RIZA (Risorse, Interpretazione, Azione, Autoregolazione) (Trincherò, 2006, 2012).

Il modello di competenza RIZA parte dall'assunto secondo cui la competenza risiede nella mobilitazione delle risorse dell'individuo (conoscenze, capacità, atteggiamenti, ecc.), e non nelle risorse stesse e si configura quindi come un saper agire (o reagire) in una determinata situazione, in un determinato contesto, allo scopo di conseguire una performance, sulla quale altri soggetti (superiori o colleghi) dovranno esprimere un giudizio (Le Boterf, 1994).

A fronte di una situazione/problema aperta i soggetti coinvolti sono chiamati a mobilitare le proprie risorse cognitive con l'obiettivo di interpretare correttamente la situazione posta.

Non si tratta di proporre problemi semplici e conosciuti (Roegiers, 2004) quanto piuttosto l'individuazione di situazioni capaci di attirare l'interesse del bambino rendendolo capace di comprenderne il senso e l'attinenza con la vita reale e in definitiva motivandolo. Le situazioni/problema devono dunque essere ampie e aperte a più interpretazioni, consentendo di mobilitare in modo integrato e autonomo i propri apprendimenti per rispondere a problemi complessi. Sono infatti

---

4 Il problem solving consente di affrontare i contenuti in modo diverso rispetto alla modalità proposte dal modello ricettivo o per ricezione. Si avvicina alle logiche presenti in molti aspetti della vita quotidiana, quando diventa necessario affrontare situazioni che pongono un certo grado di difficoltà o di interrogativi per il loro superamento. Dal punto di vista educativo, questo metodo tende a spostare il centro dell'azione sul soggetto che deve affrontare la comprensione dell'oggetto per individuare risposte efficaci.

5 Nel percorso didattico proposto per la stampante 3D tale fase è stata progettata e verrà realizzata solo nell'ultimo anno di sperimentazione attraverso specifici test diagnostici.

i compiti non routinari ad agire sullo sviluppo delle competenze in quanto richiedono un atto interpretativo, nonché la combinazione autonoma di risorse cognitive e motivazionali. Sarà così possibile una corretta applicazione di strategie risolutive pertinenti.

Successivamente attraverso la strutturazione di spazi di analisi funzionali a migliorare e implementare la strategia individuata sarà possibile supportare gli allievi nello sviluppo di capacità autoriflessive e autoregolatrici, che consentono di analizzare criticamente in itinere e a conclusione le proprie interpretazioni e azioni, apprendendo dall'esperienza per individuare strategie più funzionali.

Il ruolo dell'insegnante in tale processo è naturalmente centrale soprattutto nel supportare il gruppo nel mantenere l'attenzione focalizzata sul problema da risolvere (è semplice in tali contesti distrarsi perdendo di vista il reale oggetto di interesse, soprattutto come nel nostro caso in cui la fretta di realizzare un oggetto in 3D, di averlo in mano e giocare, può rappresentare senza dubbio un momento di distrazione), nel fornire spunti di sviluppo pratici magari portando alla mente dei bambini altri contesti esperienziali vissuti e nel mediare le dinamiche di gruppo. Un ultimo aspetto essenziale è quello di lavorare per sviluppare la motivazione intrinseca, poiché è difficile farsi coinvolgere, e quindi massimizzare i propri sforzi, in attività di potenziamento cognitivo lontane dagli ambiti di interesse dei soggetti coinvolti o troppo distanti dalla realtà di cui hanno esperienza. Proprio per tale ragione l'impostazione ludica narrativa prescelta per la struttura delle attività di lavoro con la stampante 3D rappresenta, a nostro giudizio, un elemento funzionale all'acquisizione di apprendimenti e allo sviluppo di competenze.

## 2.4 Gioco e Apprendimento

L'enfasi attribuita alla struttura ludica fin dalla definizione del titolo del progetto risponde a specifici interessi di ricerca in quanto il gioco rappresenta, da sempre, un elemento cardine della didattica della Scuola dell'Infanzia. Come scrisse in più occasioni Froebel (1868), il gioco è la vita stessa del bambino, è il modo di essere e di fare esperienza dei bambini e soddisfa una vasta serie di esigenze contrapposte: fare, esplorare, conoscere, liberarsi delle energie superflue, misurarsi con se stesso e con le cose, comunicare, esprimersi, socializzare.

Nonostante il ruolo attribuito storicamente al gioco nella Scuola dell'Infanzia in diversi Paesi, assistiamo oggi ad una rapida riduzione delle attività ludiche, e accanto ai curricula più tradizionali incentrati sul gioco è possibile individuare un ampio ventaglio di offerte formative in cui predominano "attività strutturate" di tipo scolastico.

Quest'ultimi approcci, dovuti alla diffusione di una crescente preoccupazione per una rapida alfabetizzazione e scolarizzazione, hanno provocato un vasto dibattito tra gli esperti del settore e hanno portato allo sviluppo di ricerche finalizzate a mettere a confronto gli effetti dei due approcci.

Tali studi sono giunti alla conclusione che i bambini che frequentano scuole con proposte didat-

tiche incentrate sul gioco ottengono risultati migliori nelle seguenti aree: sviluppo fisico, emotivo, sociale e cognitivo (Coggi & Ricchiardi, 2011). Inoltre hanno messo in evidenza che i vantaggi dei curricoli ludici sono particolarmente evidenti nei bambini provenienti da nuclei familiari a basso reddito (Almon, 2003), o più in generale, in contesti socio-economici complessi.

Tra gli studi realizzati possiamo ricordare l'esperienza dell'High Scope Programm Perry Pre-school in cui il gioco (non concettualmente contrapposto all'apprendimento) è stato dimostrato essere fonte di sviluppo intellettuale in quanto il focus si sposta dai concetti, al metodo di apprendimento e ai processi sottostanti (quali ad esempio l'esplorazione, il ragionamento, la risoluzione dei problemi, la creatività).

Più specificatamente nei programmi dell'High Scope l'insegnante ha il compito di stimolare il problem solving, al fine di favorire l'apprendimento autentico e di affiancare il bambino nella scelta delle attività da svolgere.

Gli studi longitudinali hanno dimostrato che i vantaggi degli approcci didattici incentrati sul gioco persistono a lungo termine (Samuelsson & Johansson, 2006). Inoltre i percorsi incentrati sul gioco sembrano capaci di favorire la readiness scolastica, cioè la maturazione dei requisiti necessari alla riuscita dei primi livelli di istruzione. La readiness<sup>6</sup> viene valutata abitualmente come ricettività rispetto al nuovo, capacità di regolazione emotiva e possesso di strategie efficaci di apprendimento (Ayoub, 2009). Ciò è vero non solo per i giochi tradizionali e i bambini più piccoli. Secondo J. P. Gee, che ha declinato ben trentasei principi dell'apprendimento, il videogioco è un sistema-modello di come deve essere un apprendimento di successo, in quanto ci troviamo di fronte ad un apprendimento fortemente esperienziale, sempre contestualizzato, sociale e caratterizzato da un forte coinvolgimento personale da parte di chi apprende (2013).

La prospettiva di questo autore non è finalizzata a utilizzare a scuola i videogiochi ma piuttosto a emularne la struttura esperienziale proposta.

Nelle attività videoludiche le esperienze pregresse di gioco funzionano come dispositivo di anticipazione attraverso processi di transfert cognitivo, la ripetitività è centrale e non a caso i ragazzi ripetono lo stesso livello sino a quando non riescono a passare al successivo.

Per fare ciò i giocatori devono poi riuscire a trarre il maggior numero di informazioni, all'interno del contesto di gioco.

Fondamentale è infine l'identità proiettiva che consente l'immedesimazione e il confronto tra amici cioè il modeling.

In sintesi i videogiochi insegnano prima di tutto come si gioca, e solo in un secondo tempo, a generalizzare regole e pratiche di gioco ad altri giochi simili (Rosa & Cattaneo, 2015).

Al fine di favorire uno sviluppo delle facoltà dei bambini coinvolti, una volta classificati i giochi è importante sceglierli e combinarli in maniera mirata. Come sottolinea Quaglia (2009) «si tratta in fondo di controllare sul piano empirico quella che è una felice intuizione di natura filosofica»: «L'intelligenza si sviluppa e porta frutto solo nella gioia» (Weil, 2004, p. 330).

<sup>6</sup> L'autoregolazione e in particolare l'uso delle funzioni esecutive vengono considerati i principali elementi di readiness.

## 2.5 Conclusioni

In questo capitolo abbiamo cercato di dar conto di alcuni dei capi saldi che hanno guidato la stesura del progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D* e la sperimentazione della stessa. L'introduzione della stampante 3D non si pone come proposta alternativa dell'attività didattica ma vuole semplicemente essere un'esperienza integrativa, che basandosi sulle teorie connesse all'apprendimento intende mettere al servizio della scuola (e non viceversa) una nuova tecnologia.

# 3

## Pedagogia “maker” - La fabbricazione digitale e il raccordo con la Scuola dell’Infanzia

**Maeca Garzia, Giuseppina Rita Mangione<sup>1</sup>**

*In questo capitolo vengono identificati i fondamenti della pedagogia “maker” e le tecnologie apripista della didattica “makificata”. L’integrazione di un approccio “maker”, in contesti educativi formali, richiede di ripensare il curricolo e di individuare le modalità di accoglienza delle applicazioni proprie della fabbricazione digitale. Vengono riproposti quelli che in letteratura sono riconosciuti come gli elementi da manipolare per “makificare” i contesti didattici formali e, su questa analisi, pur non pretendendo di essere esaustive, offriamo una base su cui costruire iniziative di ricerca-azione con la scuola al fine di sperimentare l’efficacia di alcune soluzioni di tendenza tra cui la stampante 3D nella Scuola dell’Infanzia. A questo proposito, si presta attenzione al ruolo che la stampante 3D potrebbe avere nello sviluppo delle abilità geometriche e visuo-spaziali sin dalla seconda infanzia. Queste analisi ci permettono di ipotizzare un set di spazi funzionali al concetto di making e di atelier della produzione, in grado di facilitare il “bildung” attraverso anche le evoluzioni delle attuali stampanti 3D, volti a promuovere scenari didattici integranti il dentro e il fuori la scuola.*

<sup>1</sup> Giuseppina Rita Mangione è autrice dei paragrafi 3.1, 3.2, 3.3 (3.3.1), 3.5 (3.5.1 e 3.5.2) e 3.6, Maeca Garzia è autrice del paragrafo 3.4 e ha contribuito alla coerenza e alla fluidità del testo.

### 3.1 I fondamenti della "pedagogia maker" e della "fabbricazione digitale"

La produzione di conoscenza attraverso l'uso di artefatti fisici e di tecnologie a supporto di processi di invenzione e ingegnerizzazione non è qualcosa di nuovo nell'educazione. I termini ormai diffusi di "digital fabrication" e "making" hanno alla base tre specifici orientamenti pedagogici: l'educazione esperienziale, la pedagogia critica e il costruzionismo.

A partire dall'attenzione che per primo Rousseau (1961) prestò all'educazione precoce, gli studiosi della pedagogia infantile negli anni successivi hanno messo in discussione le ipotesi alla base degli approcci pedagogici del loro tempo per rivedere il "progetto educativo", al fine di accogliere un orientamento più esperienziale e centrato sul bambino. L'idea che l'educazione dovesse essere più situata e connessa agli oggetti del mondo reale, attribuita a Dewey ma frutto di una riflessione pedagogica che ha visto coinvolti altri padri di una educazione riformista e progressista (Dewey, 1902; Freudenthal, 1973; Fröbel & Hailmann, 1901; Montessori, 1964, 1965; von Glasersfeld, 1984), ha promosso, con maggiore enfasi dal XX secolo, una visione secondo cui «lo sviluppo del bambino è legato alla possibilità di costruire conoscenza in autonomia attraverso la manipolazione dello spazio fisico» (Schelhowe, 2013, p. 95).

Gli studiosi della pedagogia critica (Freire, 1974; Illich, 1970) hanno messo in discussione la "banking education"<sup>1</sup> e la forte decontestualizzazione del curriculum. In particolare il lavoro condotto da Freire ha promosso la costruzione di un curriculum "culturalmente significativo": occorre trovare ispirazione dalla cultura locale per identificare i cosiddetti "temi generativi". L'istruzione in quanto forma di "emancipazione" deve poter accompagnare gli studenti nel passaggio dalla "coscienza del reale" alla "coscienza del possibile", al fine di far percepire loro "nuove alternative praticabili" andando oltre le cosiddette "limiting situations" (Freire, 1974). Questo accompagnamento si realizza tramite progetti educativi profondamente connessi a problemi significativi le cui soluzioni danno all'esperienza didattica la connotazione educativa e stimolante (Blikstein, 2008; Cavallo, 2000).

Infine, e collegato alla pedagogia critica, la "pedagogia maker" fonda le sue radici nel costruzionismo (Papert, 1986) e sull'idea di base che occorre costruire esperienze in grado di "liberare" il potenziale di apprendimento latente degli studenti. La costruzione della conoscenza avviene quando gli studenti sono chiamati a costruire, fare, e condividere pubblicamente "oggetti". La teoria al cui centro si colloca il concetto di "fare" sembra essere un precursore culturale della fabbricazione digitale. È possibile utilizzare le parole di Papert per descrivere con precisione il rapporto tra fare e apprendimento: «Il processo di costruzione che avviene "nella testa" del bambino è facilitato se richiama qualcosa di esistente "nel mondo": un castello di sabbia o una torta, un casa di Lego, un programma per computer, una poesia, o una teoria dell'universo. Parte di ciò che intendo per "nel mondo" è che il prodotto possa essere dimostrato, discusso, esa-

<sup>1</sup>Intendendo così un processo trasmissivo in cui la conoscenza viene depositata in soggetti passivi.

minato, sondato, e ammirato [...]. Si attribuisce particolare importanza al ruolo delle costruzioni nel mondo nei processi mentali facendo sì che questi ultimi non si confinino in una dottrina puramente mentalista» (Papert, 1986, pag. 142).

Si rivaluta la tecnologia che in un tipico ambiente di apprendimento costruzionista media la produzione di progetti con gli insegnanti che agiscono come facilitatori del processo.

A partire dal costruzionismo si consolida l'idea che fornendo ai bambini la libertà di esplorare i propri interessi attraverso le tecnologie (Bers, 2008), durante lo studio di specifiche materie, è possibile che essi esercitino abilità metacognitive, di problem solving, previsione e capacità di ragionamento critico (Clements & Gullo, 1984; Clements & Meredith, 1992). La tecnologia, così, si configura come uno "strumento di emancipazione" che mette più potenti materiali da costruzione nelle mani dei bambini. Tale concezione, che trova conferma nella "sensibilità maker", richiama l'attenzione sulle "macchine proteiformi" che consentirebbero ai bambini di esprimersi, modellare e ingegnerizzare. Questa caratteristica delle tecnologie viene conosciuta anche come "chameleonesque adaptivity" (Blikstein, 2013) e permette ai più piccoli di concretizzare le idee e i progetti con intenso impegno personale.

## 3.2 Le tecnologie aripista della didattica makified e la stampante 3D

Molti i toolkit e le tecnologie che negli anni hanno contribuito a predisporre un terreno fertile all'ingresso del "Movimento maker" e della fabbricazione digitale in educazione. Tra le più recenti è possibile citare soluzioni all'avanguardia per i più piccoli che permettono di condurre esplorazioni scientifiche avanzate (Blikstein, 2010; Blikstein, Fuhrmann, Greene, & Salehi, 2012), oppure tecniche di creazione di tessuti interattivi (Buechley, 2006; Buechley & Eisenberg, 2008; Buechley, Eisenberg, Catchen; e Crockett, 2008), o ancora ambienti di progettazione di simulazioni partecipate (Wilensky & Stroup, 1999), videogiochi (Millner & Resnick, 2005), e sistemi robotici virtuali (Berland, 2008; Berland & Wilensky, 2006) e di programmazione (Cooper, Dann & Pausch, 2000), fino alla recentissima attenzione agli oggetti digitali in 3D (Iversen et al., 2015). L'uso di quelli che vengono chiamati strumenti trasformativi (*transformative tool*) è alla base di un cambiamento educativo improntato sulla pedagogia della produzione. Si distinguono due macro categorie di strumenti per la produzione digitale: fisici (detti: *digital physical tool*) di tipo "additivo" (come le stampanti 3D e l'e-texile) o "sottrattivo" (come macchine per il taglio laser) e logici (detti: *digital logic tool*) come i micro-controller e i mini-computer (Arduino, BeagleBone, RaspberryPi) (Gershenfeld, 2005; Martin, 2015). Il "Movimento maker", caratterizzato da un apprendimento in spazi che favoriscono il "fare e disfare" come la stampante 3D, la robotica, il wearable computing (tecnologie indossabili) l'e-textiles, e i linguaggi di programmazione, valorizza le inclinazioni naturali dei bambini e poggia sul valore del *learning by doing* e del *thinking by doing* (Sharples et al., 2014).

La ricerca di settore si concentra principalmente sui *digital physical tool* e in particolare sulle pratiche psico-pedagogiche sostenute dall'ingresso a scuola di tali strumenti e sull'innovazione dell'attività didattica e riprogettazione del curriculum. Abbracciando il "Movimento maker", gli educatori modificano e potenziano le pratiche di insegnamento coinvolgendo i piccoli nella costruzione attiva della conoscenza esplorando, progettando e sperimentando nel loro ambiente. La *fabbricazione tridimensionale*, rappresentativa della categoria oggetti digitali "fisici", si inserisce nel processo di innovazione che attraversa l'educazione e richiama i concetti già diffusi di *maker culture* e *learning by making* (Martinez & Stager, 2013).

Da un modello digitale scansionato attraverso apposite apparecchiature è possibile passare dalla creazione di documenti alla realizzazione di oggetti. Come indicato in Schon et al. (2014) «l'idea che caratterizza questa nuova tendenza è quella di creare e sviluppare cose nuove (concrete o digitali) usando nuove tecnologie come ad esempio la stampante 3D in open space, workshops o laboratori [...]. In questo modo è possibile combinare nuove forme di produzione secondo la filosofia della realizzazione del sé e del *do-it-yourself*» (p. 2).

Riprendendo la già discussa visione di Piaget (1945) di apprendimento come conoscenza costruita dagli studenti attraverso l'interazione con l'ambiente educativo, la fabbricazione digitale mette in atto le teorie del costruzionismo e del "learning-by-making" (Papert & Harel, 1991) dove

i bambini usano nuovi strumenti per "fare cose" e costruire nuove conoscenza.

L'attenzione è sul come inserire la cultura e gli strumenti della fabbricazione digitale nel contesto scolastico, che presenta specifici obiettivi ed esigenze, potenziando gli ambienti e rivedendo le attività didattiche al fine di migliorare le opportunità conoscitive anche per la fascia dei più piccoli.



**Figura 1.** Stampante 3D (Tipologia adottata da Indire per la Ricerca)

### 3.3 Come portare la pedagogia del produrre a scuola. I processi di “makification”

Molti ricercatori nel campo dell'educazione condividono l'entusiasmo e la prospettiva del “Movimento maker” come un modo innovativo per ripensare l'istruzione (Halverson & Sheridan, 2014; Peppler & Bender, 2013). Tuttavia, utilizzare gli elementi del “Movimento maker” per migliorare l'agire didattico e l'apprendimento in contesti educativi formali, è un compito non banale, e richiede un'attenta comprensione di cosa sia il “learning by making”. La ricerca in questo settore è ancora in uno stadio iniziale, ma i progetti apripista come *FabLab@Scuola* di Blikstein hanno portato la comunità a considerare come gli elementi del “Movimento maker” possano essere adattati per rispondere ai percorsi formali del curriculum per la fascia 3-11 (Blikstein, 2013; Halverson & Sheridan, 2014). L'integrazione di un approccio “maker” in contesti educativi formali richiede di ripensare il curriculum e di individuare le modalità di accoglienza delle applicazioni proprie della fabbricazione digitale (Schön et al., 2014).

A tal fine di recente la ricerca suggerisce di individuare elementi di un nuovo quadro pedagogico in grado di sfruttare gli aspetti del “Movimento maker” in situazioni educative formali. Questo processo viene riconosciuto come “makification” richiamando così la trasposizione di elementi caratteristici del “Movimento maker” in attività di istruzione formale riviste per una molteplicità di contesti (Wardrip & Brahms, 2016; Cohen et al., 2016).

Non è sufficiente dotare la scuola di un “media center” con una stampante 3D o offrire club di robotica dopo scuola per costruire situazioni didattiche in grado di accogliere tutte le affordance delle tecnologie per migliorare le condizioni di apprendimento degli studenti.

Occorre comprendere quali sono gli elementi essenziali che permettono di potenziare o modificare i processi educativi garantendo l'efficacia delle attività di classe. La ricerca infatti su come utilizzare in modo efficace le soluzioni tecnologiche per migliorare l'apprendimento dello studente dovrebbe mantenere il focus sul processo e sul prodotto finale (Halverson & Sheridan, 2014). Emerge quindi il bisogno di definire le migliori pratiche e capire come utilizzarle per fini didattici e educativi (Brahms, 2014; Halverson & Sheridan, 2014).

Nella sezione seguente vengono riproposti quelli che in letteratura vengono identificati come gli elementi che possono “makificare” i contesti didattici formali (Cohen et al., 2016; Martin, 2015). Questa analisi, pur non pretendendo di essere esaustiva, offre una base su cui costruire iniziative di ricerca-azione con la scuola al fine di sperimentare l'efficacia di alcune soluzioni di tendenza tra cui la stampante 3D (su cui poi vedremo si focalizzerà il lavoro di analisi e specificazione).

### 3.3.1 I processi alla base della fabbricazione digitale in contesto scolastico

I processi di creazione, iterazione, condivisione e autonomia, propri del "maker" "mind set" e rispondenti a quello che Paulo Blikstein indica come il ciclo di *design-thinking-making* in educazione<sup>2</sup> (Blikstein, 2016), sono la base per l'apprendimento degli studenti attraverso la predisposizione di attività "maker".

Questi stessi processi sono stati attivati e stimolati nella Scuola dell'Infanzia, crediamo dunque utile anticipare le peculiarità di tali sequenze che verranno poi riprese nel seguito del testo.

#### Creazione e divertimento

L'elemento della creazione è in genere considerato solo in termini di costruzione. Tuttavia, Boytchev et al. (2015) suggeriscono di prestare attenzione a tre fasi proprie del processo "maker" tramite cui poter rivedere le attività di apprendimento attraverso processi che possiamo rinominare come progettazione e riprogettazione. In un primo momento gli studenti vengono messi nelle condizioni di costruire conoscenza analizzando un artefatto, un modello riducendolo in parti più piccole e più facilmente comprensibili. Un secondo step prevede la realizzazione attraverso supporti specifici delle parti di più piccole dimensioni di aggregati di conoscenza o manufatti, consentendo agli studenti di comprendere le componenti che stanno alla base del manufatto o di un'idea. Infine l'organizzazione dei sotto-compo-

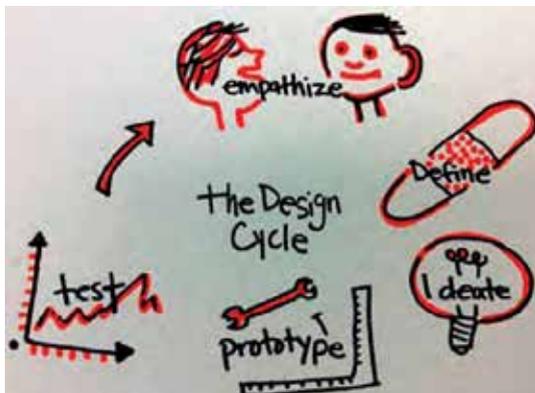


Figura 2. Il ciclo di design-thinking-making (Blikstein, 2016)



Figura 3. Una bambina completa la sua progettazione di labirinto con particolari in 3D

<sup>2</sup> Giustificate nel quadro del costruzionismo.

nenti in modo creativo consente di realizzare qualcosa di nuovo che potrà essere oggetto di analisi e confronto rispetto al modello.

Questa fase finale attraverso cui vengono stressate le attività di *re-mixing* e *re-designing* è propria del "Movimento maker" e viene facilitata anche da applicazioni specifiche (come Sketchfab e Tinkercad). Quest'ultimo step è spesso chiamato anche *hacking* e termina con la condivisione della proposta alla comunità scolastica e il confronto tra pari (Brahms, 2014).

Il contesto ludico sostiene la motivazione e il mantenimento di una varietà di vantaggi educativi, tra cui da un lato la *persistenza di fronte alla sfida* da parte dei bambini (Vansteenkiste et al., 2004) e dall'altro il desiderio di *sperimentazione e la variazione*, prerequisiti per lo sviluppo della conoscenza concettuale e dell'*adaptive expertise* dei docenti (Faiella & Mangione, 2014).

## Iterazione

L'aspetto dell'iterazione è fondamentale perché in grado di incoraggiare *quelle abilità di ordine superiore* che le attività di "makification" si sforzano di sostenere e sviluppare negli studenti (Kolodner et al., 2009). Nel momento dell'iterazione gli studenti sono chiamati ad applicare le conoscenze pregresse per analizzare e valutare il proprio lavoro, aumentando quindi sia la conoscenza dei contenuti, sia le abilità di sviluppo e di *refinement*, e creando così le condizioni necessarie per il trasferimento di conoscenze (Kolodner et al., 2009). La cultura dell'iterazione si caratterizza per la grande tolleranza al fallimento. Proprio come negli spazi di produzione più informali (Martin, 2015; Peppler & Hall, 2016; Peppler et al., 2016), gli studenti in una classe *makified* assumono una postura di riflessione e di riconoscimento del *fallimento come opportunità* di miglioramento del prodotto (Blikstein, 2013).



**Figura 4.** Due bambine "provano" se l'impronta in 3D risponde al modello di partenza

L'inclusione ad esempio delle tecnologie inerenti la fabbricazione digitale può estendere il processo di iterazione al di là di quanto è stato possibile in precedenza nelle classi. Una delle principali *affordances* è proprio la possibilità di scorrere e iterare rapidamente i disegni o le proposte

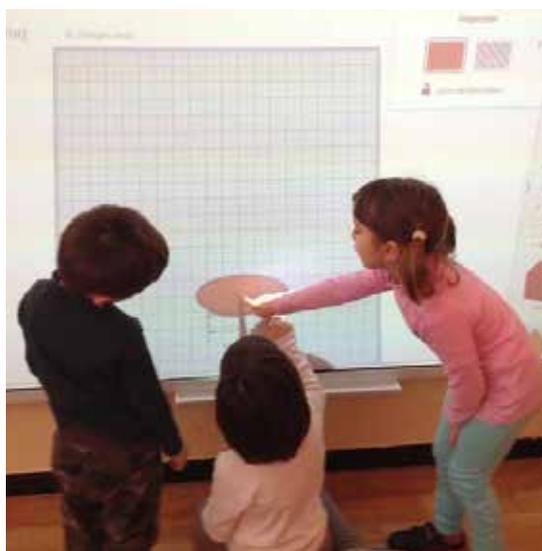
progettuali. Gli studenti ad esempio che utilizzano le stampanti 3D o le fustellatrici digitali possono rapidamente e continuamente "testare" gli artefatti e apportare le modifiche necessarie. Poiché la tecnologia di fabbricazione digitale riprodurrà con un elevato tasso di fedeltà rispetto al modello di base gli studenti possono concentrarsi sulla valutazione e sulla revisione dei parametri o di elementi del loro lavoro.

## Condivisione e Collaborazione

La condivisione è implicita in una classe *makified* perché ogni studente ha l'opportunità di condividere le proprie conoscenze ed esperienze (Anderson, 2012; Brahm, 2014; Sheridan et al., 2014). Il concetto di apprendimento collaborativo è ciò a cui fanno riferimento gli studiosi della *cognizione distribuita*, intendendo le potenzialità di un apprendimento basato sullo sforzo intellettuale di un gruppo (Sawyer & DeZutter, 2009; West & Hannafin, 2011). Il lavoro collettivo favorisce e valorizza le differenze contribuendo all'integrazione di tutti.

Sawyer (2007) osserva che «la collaborazione sostiene la creatività perché l'innovazione emerge sempre da una serie di scintille, non da un solo lampo di intuizione» (p. 7).

Ciò indica che gli studenti dovrebbero essere impegnati in processi di peer feedback per tutta la durata del progetto, una condivisione di idee e azioni rara in molti modelli di insegnamento tradizionali. Lavorando in tandem, secondo un processo di apprendimento collaborativo, è possibile esplorare le comunità di interesse verso specifiche soluzioni e condividere con loro i manufatti realizzati. All'interno di queste comunità gli studenti possono condividere gli aspetti del processo di produzione, come i disegni digitali e gli *how-to* video<sup>3</sup>, e possono scambiare conoscenze e supporto per i progetti in corso.



**Figura 5.** Bambini che progettano insieme l'oggetto da stampare con Thinkercad

Un ulteriore tratto distintivo di un percorso didattico *makificato* è quello non solo di condividere i propri artefatti ma di scaricare le creazioni degli altri in modo da remixare e ri-condividere l'oggetto digitale. In un ambiente di apprendimento *makified*, gli studenti dovrebbero usare l'ar-

<sup>3</sup> Nel linguaggio specialistico vengono così identificati i video tutoriali che mostrano come funziona un oggetto o come mettere in atto un processo di produzione.

tefatto come un punto di partenza da cui creare e condividere qualcosa di nuovo: un artefatto, aumentato, remixato o ridimensionato sfrutta e incorpora il contenuto e le competenze degli studenti.

## Autonomia

Una delle *affordance* principali primarie delle tecnologie che attualmente guidano l'ascesa del "Movimento maker" è che esse favoriscono la personalizzazione. Gershenfeld (2012) si riferisce alla personalizzazione come una "killer application" (p. 46) sia per il computing che per la fabbricazione digitale. La possibilità degli studenti di personalizzare il proprio lavoro è potenziata dall'accesso agli strumenti di produzione di cui può avvalersi una classe "makified". Tali condizioni permettono di creare un ambiente maturo per favorire l'autonomia degli studenti con un aumento nella motivazione, l'impegno, lo sviluppo, l'apprendimento, le prestazioni e il benessere psicologico (Reeve, 2009).

Una classe "makified" può favorire l'autonomia in due modi principali. In primo luogo, gli studenti



**Figura 6.** Personalizzazioni in stampa 3D rispetto alla realizzazione di orme di animali

possono essere responsabili di una attività nel contesto degli obiettivi di apprendimento più ampi fissati dal docente oppure personalizzare il risultato di quella attività. Ciò contribuisce a

promuovere un senso di appartenenza del progetto, che può portare ad una maggiore motivazione e impegno. Oppure, o in aggiunta, gli studenti possono lavorare con i docenti per definire ciò che va a costituire il "successo" di una attività.

Un ambiente "makified", quindi, favorisce l'autonomia fornendo agli studenti un grado di responsabilità e partecipazione alle decisioni relative al prodotto, al processo di creazione del prodotto, e alla valutazione finale del lavoro.

Questi processi possono essere alla base di un apprendimento trasformativo che coinvolge in un approccio multidisciplinare allo studio (Halverson & Sheridan, 2014; Martin, 2015).

La maggior parte dei modelli attuali in grado di integrare il "making" in programmi curricolari 3-11 fa riferimento ad un apprendimento integrato in un progetto educativo e non come insieme di competenze isolate (Puckett, 2014).

Rivedere il progetto educativo ai vari livelli di studio ha sfide logistiche, come l'aula della scuola, ma anche didattiche, come appunto la rivisitazione del curricolo.

### 3.4 La stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia: dalla formazione dei concetti alle abilità visuo-spaziali

Nel presente paragrafo intendiamo presentare il possibile ruolo della stampante 3D nello sviluppo delle abilità visuo-spaziali in quanto aspetto ampiamente indagato nel progetto di ricerca, pur consapevoli che esistono un numero rilevante di applicazioni quali ad esempio lo sviluppo della creatività.

Gli studi di settore ci forniscono elementi per dire che fino a sei anni i bambini apprendono principalmente "operando" (Piaget, 1956). I maestri di Scuola dell'Infanzia sono quindi tenuti a condurli a osservare la realtà che li circonda e in cui sono immersi, per insegnare loro a meglio distinguere se stessi dal resto del mondo<sup>4</sup>. Per questo motivo il lavoro sui cinque sensi nei primi anni di vita è di fondamentale importanza: i bambini devono essere stimolati il più possibile mediante la manipolazione di oggetti reali per imparare a distinguere e classificare colori, odori, suoni, gusti, superfici e consistenza dei materiali. Tutto questo in una dimensione di supporto metacognitivo che li incoraggi a riflettere su quello che vedono, annusano, gustano, sentono, percepiscono col tatto per associare ricordi, distinguere e trovare somiglianze. Così i bambini riusciranno a elaborare una loro idea sul mondo che li circonda, e inizieranno a sviluppare i primi concetti.

L'emergere dei concetti nella nostra mente deriva dalla necessità di organizzare e dominare l'esperienza al fine di dare significato alla massa di informazioni che la avvolgono. I concetti possono essere quindi considerati come nuclei di condensazione delle esperienze che il bambino

<sup>4</sup> Piaget, nella sua Teoria dello Sviluppo Cognitivo, sottolinea come nella fase del Pensiero intuitivo (4- 7 anni) vanno superati, attraverso il riconoscimento delle molteplici proprietà degli oggetti, gli ultimi strascichi di egocentrismo/animismo.

vive sin dalla prima infanzia. «La formazione di questi nuclei è favorita e orientata dalla comunicazione linguistica e dall'uso che di essa viene fatto nella vita familiare, sociale e scolastica» (Pellerey, 1991, p. 220).

Come noto, il processo di formazione dei concetti è stato studiato da vari punti di vista, **sia dentro che fuori la scuola**, concludendo che più l'alunno/persona è giovane, più la prassi di introduzione di nuovi concetti a partire dalla loro definizione astratta o semplice spiegazione verbale, per poi passare alla proposizione di qualche esempio o prototipo, è sconsigliata.

La ricerca psicologica, pur riconoscendo che nei processi di formazione dei concetti vengono compiuti sia movimenti che dal generale vanno nella direzione del particolare, sia movimenti che da casi particolari vanno all'individuazione delle loro caratteristiche comuni, sostiene il collegamento che nella creazione di un concetto la mente umana fa con un'immagine tipica, un prototipo. Per citare un esempio ormai diffuso in letteratura «il prototipo di un uccello è più facile che sia una rondine o un passero che non un pinguino o una gallina, anche se propriamente parlando sono anch'essi esempi di uccello» (Pellerey, 1991, p. 220).

Da qui il valore aggiunto dell'utilizzo della stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia. Il concetto di solido ad esempio, di necessaria configurazione durante l'utilizzo di strumenti come Tinkercad, può essere agevolato nella sua comprensione dalla precisione che la progettazione su tablet o Lim richiede definendo un prodotto finale che, una volta realizzato, fungerà da prototipo. Con il pongo o la plastilina, la cui manipolazione non richiede necessaria progettazione, la realizzazione del prototipo, ad esempio un cilindro, non potrà mai essere precisa come quella possibile attraverso i software di modellazione in 3D.

Nella scuola, così come oltre i suoi spazi formali, il percorso per costruire i concetti deve necessariamente seguire le strade della sistematicità e della consapevolezza riflessa. La prima indica lo sviluppo dei concetti fondamentali delle singole attività e la loro integrazione a quanto già posseduto dall'allievo; la seconda indica che l'alunno non solo deve saper usare una terminologia corretta da acquisire progressivamente, ma anche saper rappresentare i concetti acquisiti in maniera valida. Un concetto diventa riflesso se è stato rappresentato e reso concreto: solo così potrà essere astratto dalla realtà e al tempo stesso specificarsi in un esempio particolare. Accanto ai concetti, ai principi e alle teorie vi sono i procedimenti: essi coinvolgono sia un'attività intellettuale che pratica, organizzata e sistematica. Si tratta di una successione ordinata di operazioni e di scelte che porta ad uno specifico risultato. La progettazione del giocattolo sulla LIM da realizzare con la stampante richiede una sequenza di attività ordinate, e un processo i cui step fondamentali (richiamando i processi del TMI) vanno dalla scelta del modello alla visualizzazione della forma e del suo spessore, alla definizione del colore, che porta con sé anche una dimensione procedurale che richiama i principi della computazione, oltretutto quelli del "making" propri della stampante 3D.

Ricerche internazionali (Clements & Sarama, 2000) dimostrano che i bambini già a partire dai 3-4 anni possiedono competenze che consentono loro di comprendere la differenza tra alcu-

ne forme geometriche<sup>5</sup>, capendo in seguito le proprietà più semplici delle figure come lato e angolo. Sfruttando un naturale interesse che i bimbi hanno per la geometria<sup>6</sup>, tali conoscenze possono essere incrementate attraverso programmi di potenziamento ed esperienze precoci che ne modifichino sensibilmente la struttura e l'organizzazione (Clements, 2001). Ad esempio: il riconoscimento delle figure geometriche prototipiche può essere ampliato presentando una considerevole quantità di figure appartenenti ad una data categoria, come il triangolo, ma con forme e orientamenti non convenzionali; le figure geometriche devono essere associate alle corrispondenti etichette verbali attraverso un processo di manipolazione delle forme e delle proprietà visuo-spaziali delle figure; le conoscenze verbali dichiarative sulle proprietà delle figure possono essere incrementate favorendo la riflessione e la discussione su alcuni aspetti visivi importanti (i bambini in età prescolare possono arrivare a considerare triangolare qualunque figura abbia tre lati). Affinché i materiali presentati visivamente stimolino risposte di tipo verbale e viceversa, è importante integrare le conoscenze visuo-spaziali alle corrette descrizioni verbali (Lucangeli et al., 2009).

Questi esercizi sono facilmente realizzabili attraverso l'utilizzo della stampante 3D che, inoltre, offre la possibilità al bambino di vedere realizzato il prodotto disegnato e di collaudarlo per poi migliorarlo, accrescendo la sua competenza metacognitiva. Ciò avviene attraverso il potenziamento di due fattori: la percezione di sé rispetto al compito e la disponibilità a impegnarsi. La percezione di sé si riferisce in questo caso a come si coglie il bambino nello svolgere le attività con la stampante: più elevato sarà il senso di autoefficacia, legato alla sua percezione di adeguatezza, più la disponibilità a impegnarsi in compiti sempre più sfidanti crescerà<sup>7</sup>.

Esercizi di potenziamento delle conoscenze geometriche e delle abilità metacognitive possono contribuire a sviluppare nei bambini un atteggiamento positivo nei riguardi della matematica, prevenendo quelle situazioni di *deprivazione geometrica* (Clements & Battista, 1992) che stanno alla base delle difficoltà di apprendimento delle discipline scientifiche nella scuola primaria e secondaria (Watt et al., 2014). A tal proposito, nonostante la geometria e il ragionamento spaziale siano fondamentali per l'apprendimento della matematica (Lakoff & Nùnez, 2005), non sempre nelle Scuole dell'Infanzia e Primarie viene dato adeguato spazio allo sviluppo di questi ambiti (Clements, 1999b). In letteratura, infatti, quando si parla di geometria emerge continuamente il riferimento alle abilità coinvolte in modo sinergico in tale apprendimento: le abilità visuo-spaziali. Se l'educazione pone le basi per l'acquisizione di conoscenze di tipo dichiarativo, le abilità visuo-spaziali forniscono le componenti cognitive necessarie per l'apprendimento geometrico.

5 Il riferimento alle forme geometriche è qui voluto perché centrale in un discorso sulle abilità visuo-spaziali. Il fatto che questo aspetto venga trattato è indispensabile, per la sua rilevanza cognitiva. D'altra parte, un lavoro sulla manipolazione va ricondotto a quello sullo sviluppo di abilità visuo-spaziali e alla più che centenaria riflessione pedagogica, oltretutto alla più lunga produzione filosofica e agli ultimi vent'anni di ricerca in ambito neurofisiologico e psicologico-cognitivo che confermano queste assunzioni (Cross et al., 2009).

6 Quale Scienza Quale Educazione. Disponibile in: <http://llp.fisica.unina.it/index.php/it/scuola/27-scuole-risorse/scuole-risorse-insegnanti/46-abilita-spaziali>

7 Senso di autoefficacia e impegno motivato sono due abilità che nutrono la competenza metacognitiva dello studente (La Marca, 2004).

Le abilità visuo-spaziali richiamano e danno forma a una competenza sulla quale incidono una molteplicità di fattori (Hershkowitz, 1989; Bishop, 1983; Del Grande, 1990; Clements, 1999a). Questo perché il sistema visivo degli esseri umani segue due vie di trasmissione delle informazioni: la via dorsale che ci permette di rispondere alla domanda **dove si trova un oggetto**, in quanto elabora movimenti e informazioni spaziali, e la via ventrale che ci permette di rispondere alla domanda di **che forma si tratta**, in quanto riconosce le forme e le caratteristiche percettive degli oggetti. Gli studi di ricerca ci aiutano a definire l'abilità spaziale come la risultante di più fattori: **la visualizzazione**, ossia la capacità di manipolare e ruotare gli oggetti e **l'orientamento**, la capacità di mantenere l'orientamento spaziale rispetto al proprio corpo (McGee, 1979); la **percezione spaziale**, come capacità di determinare i rapporti spaziali in funzione dell'orientamento del proprio corpo, la **rotazione mentale**, come capacità di ruotare oggetti bi e tridimensionali in modo rapido e accurato, la **visualizzazione spaziale**, come capacità di manipolare informazioni spaziali presentate in modo non convenzionale (Linn e Peterson, 1985).

Il riferimento alle abilità richieste per l'utilizzo dei software Doodle e Tinkercad, all'interno della ricerca *Costruire giocattoli con la stampante 3D*, trova nel ragionamento sin qui fatto un suo substrato scientifico. Come vedremo anche più approfonditamente nel capitolo 4 e nelle scelte di ricerca fatte dal gruppo Indire, l'introduzione della stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia individua nello sviluppo della competenza geometrica così come della motivazione intrinseca allo studio delle discipline scientifiche, un importante settore di indagine.

### 3.5 Ambienti e spazi per la Scuola dell'Infanzia: indicazioni per una "pedagogia maker"

Con l'avvento del Novecento l'infanzia si pone al centro di teorizzazioni e di ricerche in campo psicopedagogico e i bambini non più visti come "adulti in sedicesimo" hanno bisogno di spazi adatti allo sviluppo psicomotorio, relazionale, sensoriale e affettivo.

Da un compito meramente assistenziale in prossimità della rivoluzione industriale, gli spazi e gli arredi, assumono, attraverso i lavori degli esponenti dell'attivismo pedagogico (tra cui Aporti, Fröebel, le sorelle Agazzi, Pizzigoni, Montessori) un ruolo importante confermato poi dal cognitivismo (Piaget, Bruner) e dal post cognitivismo che enfatizzano l'importanza delle attività socio-cognitive (Bandura, Carugati). Dalle Scuole dell'Infanzia basate su unità pedagogiche - le **sezioni** (per età) - si passa ad una suddivisione dello **spazio** più articolata, in grado di consentire l'attuazione di metodi d'insegnamento basati sul coinvolgimento attivo dei bambini e sul confronto basato su "nuclei di attività" e "angoli di interesse" (Heinz, 1994).

In questo momento si afferma una pedagogia tutta proiettata a progettare nuovi spazi a misura di bambino, che trovano traduzione in alcuni esperimenti pedagogici del tempo. L'ambiente diviene centrale nel sostenere questa trasformazione educativa. Weinstein, già nel 1981, ricordava che: 1) l'ambiente può promuovere o ostacolare l'apprendimento in modo diretto e indiretto;

2) esiste una correlazione fra stile educativo e ambiente formativo; 3) si può ottenere maggior apprendimento tenendo in considerazione non solo la didattica ma anche l’ambientazione e le caratteristiche logistiche e architettoniche del luogo di formazione; 4) tale aspetto «ambientale», pur essendo fondamentale viene considerato in modo marginale (Weinstein, 1981, pp. 12-19). La Scuola dell’Infanzia ha vissuto diverse grandi stagioni educative che hanno favorito l’evoluzione degli spazi e delle architetture al fine di sostenere una didattica attiva e manipolativa (Franceschini, 2005).

Morfologie innovative come quella a “L” hanno poi negli anni favorito lo sviluppo di configurazioni nuove e versatili per garantire il soddisfacimento dei requisiti di *distanza* e *separazione* accanto a quelli di *compattezza* e di *flessibilità*.

L’educazione è un processo che si attua mediante la trasformazione dell’ambiente e l’abitare “autentico” (Calvaruso, 2014) tra gli obiettivi e presupposti della “pedagogia maker” vi è dunque il cambiamento negli spazi di lavoro.

### 3.5.1 I *Fab Lab* per i piccoli

La realizzazione di spazi propri per lo sviluppo della “pedagogia maker” implica un’attenta riflessione sugli spazi ad essa dedicati.

La “pedagogia maker” poggia sull’idea che gli spazi del produrre (indicati in precedenza come “maker spaces”) siano organizzati, per la fabbricazione digitale, in *Fab Lab (Fabrication Laboratory)* setting di apprendimento attrezzati per creare, giocare, apprendere, educare, inventare. Un *Fab Lab* è un laboratorio equipaggiato con *software* per la modellazione e la progettazione, schede e accessori elettronici, strumentazione tradizionale e macchine a controllo numerico capaci di lavorare con materiali diversi.

Questi ambienti, quando vengono dedicati alla fascia 0-6 sono conosciuti come *Early Childhood Fab Lab*<sup>8</sup>, e definiti dal TIES (The Teaching Institute for Excellence in STEM education) spazi supportivi, creativi e accoglienti, che forniscono a tutti i bambini strumenti e percorsi volti a promuovere la nascita di “*mindset*” per modellare, armeggiare, riflettere e cambiare il mondo intorno a loro<sup>9</sup> (TIES, 2016).

In Italia il concetto di laboratorio per i piccoli è stato portato in modo consistente nella Scuola dell’Infanzia sotto forma di *atelier creativi* che entrano a far del patrimonio pedagogico italiano negli anni ‘60 (e anticipate dalla prospettiva montessoriana) anche attraverso il movimento *Reggio Children*<sup>10</sup> e più di recente dalla rete di *Scuole senza zaino*<sup>11</sup>.

<sup>8</sup> *Fab Labs* – TIES. Disponibile in: <http://www.tiesteach.org/solutions/fab-labs/>

<sup>9</sup> Early Childhood *Fab Lab*. Disponibile in: <http://www.earlychildhoodfablab.org/>

<sup>10</sup> Dalla fine degli anni ‘60 nelle scuole dell’infanzia del Comune di Reggio Emilia è stato inserito, in linea con il pensiero Malaguzzi, lo spazio dell’atelier e la figura dell’atelierista, un “insegnante” con competenze di natura artistica. In questo modo i linguaggi espressivi, matematici, artistici sono diventati parte del processo attraverso il quale si struttura la conoscenza stessa. L’Atelier diviene quindi il luogo della ricerca, dell’invenzione, dell’empatia (Paolella, 2013).

<sup>11</sup> Ad esempio il movimento di Scuola senza zaino cita: area-laboratorio per attività artistiche; area-laboratorio per

Nello specifico, e sulla base degli elementi del ciclo design, thinking, making di Blikstein (2016) è possibile cominciare a definire un set di spazi funzionali al concetto di making e di atelier della produzione. Non si tratta di spazi rigidi ma di allestimenti che possono via via trovare forme di realizzazione differenti durante il ciclo design, thinking e making.

Descriviamo questi spazi sulla base di esempi contestualizzati nella prima fase della ricerca del progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D* (cap. 4), riprendendo i processi chiave che abbiamo identificato in precedenza e riportandoli ad attività e spazi in cui queste ultime hanno trovato attuazione nelle scuole dell'infanzia (scuole sperimentali).

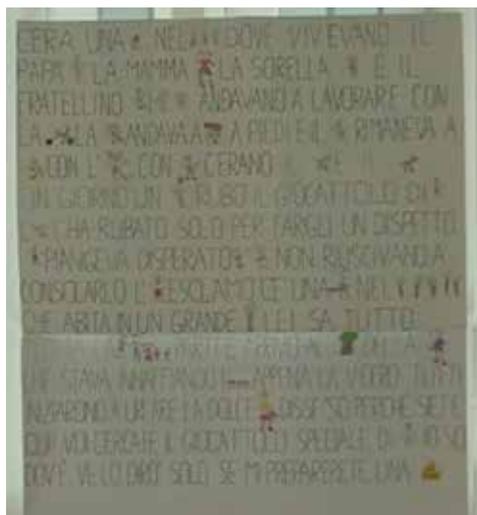
### **Ambiente di “narrazione e verbalizzazione”:**

in questo ambienti in bambini trovano elementi di costruzione del senso rispetto all'attività. Attraverso una storia e una serie di concetti chiave comprendono come inserire il proprio lavoro all'interno di una serie di obiettivi e sfide. Questo spazio è un momento di ritrovo per l'analisi e la riflessione tra pari, così come per il recupero di elementi importanti del flusso narrativo al fine di consentire ai bambini di rientrare negli angoli di lavoro con maggiori informazioni e indizi.

### **Ambiente delle attività propedeutiche e manipolative:**

gli spazi di modellazione manuale dei bambini con i materiali creativi. L'attività propedeutica viene svolta in atelier creativi ed è volta a preparare i bambini alla comprensione di alcuni concetti chiave e alla pre-visualizzazione di artefatti che troveranno in altri ambienti strumenti di progettazione e realizzazione. La conoscenza della realtà diventerà inoltre più concreta e il piccolo, attraverso l'esplorazione sensoriale, inizierà a familiarizzare con il concetto di trasformazione grazie al riconoscimento delle differenze percettive.

**Ambiente delle attività progettazione e confronto individuale con il risultato:** in questo spazio i bambini sono impegnati nelle attività di pre-progettazione e design attraverso ambienti come Doodle3D e Thinkercad volti a far comprendere bene le proporzioni e le dimensioni degli oggetti e i rapporti tra gli spazi e le misure. Ciò consente di sviluppare capacità di previsioni



**Figura 7.** Scorcio dell'ambiente di narrazione in una Scuola dell'Infanzia

conversazioni, riunioni, racconti; area-laboratorio per attività percettivo-logiche-linguistiche e di manualità fine; area laboratorio per attività ludiche, imitative, motorie.

Cfr con LINEE-GUIDA per gli spazi nelle Scuole dell'Infanzia senza zaino (Orsi, 2014)



**Figura 8.** Fase di stampa del proprio modello

e analisi sul risultato.

Inoltre questo spazio raccoglie e documenta i processi dell'esperienza di progettazione e realizzazione al fine di favorire nel bambino riconoscimento, personalizzazione e analisi.

**Ambiente dei "prodotti restituiti":** in questo ambiente vengono presentati gli artefatti previsti e inseriti in un "contenitore" o "sceno-



**Figura 9.** Foto appese alla parete dell'angolo di progettazione



**Figura 10.** Spazio che accoglieva gli artefatti indicati nella storia iniziale

grafia” che permette ai pari di osservare, confrontare e individuare elementi a cui apportare miglioramenti in modo individuale o in gruppo.

**Spazio connettivo o agorà:** spazio vivibile e di apprendimento, orientato verso una totale continuità con gli altri ambienti e con le attività in esse portate avanti. La gestione dell'insieme rispecchierà la visione della scuola come comunità centrata sulla ricerca e sulla messa in atto di processi di sperimentazione, verifica e miglioramento costante. La connessione tra i vari ambienti sostiene lo sviluppo della autonomia individuale e quella «libertà di scelta» propria di una «educazione dilatatrice» così come indicata da Montessori (Pironi, 2010).



Figura 11. Spazio di connettività tra ambienti di lavoro

La ricerca relativa alla “pedagogia maker” consiste nel prevedere una sinergia tra ambienti per attività ordinate, ma anche libere e pratiche. Come sostenuto precedentemente la configurazione qui proposta è solo una delle possibili da sperimentare nelle Scuole dell’Infanzia.

### 3.5.2 Accompagnando i *Fab Lab* in aula: *Fab ED* e richiami della Buona scuola

A livello internazionale il tema di come inserire e rivedere i laboratori di fabbricazione in contesto scolastico è oggetto di interesse e ha portato alla nascita di organizzazioni di ricerca come *Fab ED*<sup>12</sup>, network collaborativo sul tema della fabbricazione digitale. L’obiettivo è quello di sostenere le scuole nella costruzione di *curricola* validando “percorsi maker” anche disciplinari fin dall’infanzia.

La nascita di organismi nazionali e internazionali come *Fab ED* consente alle scuole di portare il potenziale dei laboratori di fabbricazione alle necessità pratiche della scuole e delle classi. In particolare *Fab ED* è costituito da team di ricercatori e docenti che collaborano con i distretti e le scuole per:

- allineare il potenziale di apprendimento dei *Fab Lab* con le linee guida e le norme nazionali e statali in tema di educazione per vari ordini e gradi;
- costruire un curriculum *Fab Lab* che incoraggia la curiosità e l’esplorazione, e sostiene

<sup>12</sup> Fab Labs – TIES. Disponibile in: <http://www.tiesteach.org/solutions/fab-labs/>

l'evoluzione delle migliori pratiche in materia di istruzione e pedagogia;

- formare gli insegnanti di specifiche discipline a collaborare e integrare i loro programmi di studio e di insegnamento con le metodologie e i processi propri del "making", costruendo nuovi contenuti per esperienze di laboratorio.

Infine Fab ED collega piccole scuole a comunità più grandi sfruttando la rete globale dei **Fab Lab**, così come l'esperienza di rete TIES-STEM, permettendo alle classi di lavorare in sinergia con altri contesti e sostenendo l'adozione di buone pratiche e la condivisione di modelli e percorsi. Questo modello potrebbe accompagnare le scuole italiane verso un "curricolo maker" che poggia su ambienti e soluzioni laboratoriali innovative e sui cui già si comincia a intervenire.

Di recente, attraverso le indicazioni della "Buona Scuola"<sup>13</sup> (Azione #7, del PNSD), il Ministero dell'Istruzione italiano si esprime a favore di una innovazione delle modalità educative attraverso appositi bandi sulla necessità di sostenere la costruzione e lo sviluppo di ambienti di apprendimento innovativi che riprendono concetti fondamentali, già messi a sistema da alcune reti illuminate della pedagogia italiana e comuni ad altre esperienze didattiche costruttiviste.

Le disposizioni e gli esempi forniti dai documenti attuativi presentano due modelli di **atelier creativi**<sup>14</sup> che potrebbero in futuro riguardare anche la Scuola dell'Infanzia:

**Atelier a bassa specializzazione e ad alta flessibilità.** Si propone un ambiente generico, orientato alla creatività e allo sviluppo di competenze trasversali con strumenti di vario tipo digitali e analogici utilizzabili di volta in volta a seconda delle necessità didattiche: possono andare da attività **tinkering** a costruzioni di oggetti attraverso le fasi di disegno, progettazione, studio di fattibilità, realizzazione (proponendo dei piccoli **Fab Lab** nella scuola).

**Atelier ad alta specializzazione e a bassa flessibilità.** Si propone un ambiente tematico con connotazioni specifiche di tipo scientifico, tecnologico, artistico, umanistico, musicale, di artigianato, di arte digitale, su specifici bisogni speciali. Integrando tecnologie, strumenti e design nell'atelier si potranno introdurre attività specifiche di fabbricazione digitale, robotica, energia sostenibile e tecnologie verdi, artigianato del territorio, arte e musica, ecc.

Secondo Leschiutta (1983) la trasformabilità richiede di lavorare sulla articolazione degli ambienti e sulla compenetrazione degli spazi. Entrambe le forme, sia quello generico sia quello specialistico, che possono trovare nella Scuola dell'Infanzia setting specifici poggiando su un **tappeto digitale** abilitante, sulla formazione di figure di "atelieristi" e sulla riorganizzazione flessibile di spazi e tempi.

La sfida per possibili atelier per l'infanzia sarà quella di realizzare in modo funzionale spazi in-

<sup>13</sup> Piano Nazionale Scuola Digitale. Disponibile in: <https://labuonascuola.gov.it/area/a/25301/>

<sup>14</sup> Piano Nazionale Scuola Digitale – Atelier Creativi. Disponibile in: [http://www.istruzione.it/scuola\\_digitale/prog-atelier.shtml](http://www.istruzione.it/scuola_digitale/prog-atelier.shtml)

novativi flessibili comunque trasversali, ad alto contenuto didattico in linea anche con alcune visioni legate alla costruzione di un curriculum 3-11 anni unitario e innovativo ispirato alle teorie del socio-costruttivismo.

### 3.6 Il “Bildung” e le possibili evoluzioni della stampa 3D per l’infanzia

Molti gli studi che in questi ultimi anni focalizzato l’attenzione sulla “educational fabrication” e sull’integrazione della stampante 3D in classe (Bell et al., 2010; Lipson & Kurman, 2013). In particolare di recente gli studi guardano alla fabbricazione con stampa 3D non solo per l’acquisizione di specifiche competenze legate alle STEM ma anche per lo sviluppo di un processo efficace di “bildung”, termine coniato da Schelhowe (2013) per indicare un apprendimento profondo e sostenuto non legato all’agire ripetuto sulla base di regole fisse ma che richiama una modifica del sé attraverso l’interazione con l’ambiente.

La Scuola dell’Infanzia si caratterizza per la particolare “qualità” del curricolo, che mantiene una sua plasticità tale da non sovrapporsi ai ritmi e alle modalità tipiche dello sviluppo infantile. Lungi dal pensare ad un modello naturalistico di “maturazione” o addirittura allo spontaneismo, il concetto più pertinente, così come suggerito dagli studi più recenti, potrebbe essere quello di “bildung” (formazione/sviluppo), da intendersi come centralità e iniziativa del soggetto nel processo della propria crescita, sostenuto però dalle condizioni favorevoli del contesto educativo, di cui gli adulti si prendono cura con intenzionalità pedagogica (Cerini et al., 2012).

Incominciano ad emergere 3 idee che possono facilitare il “bildung” in ambienti per la fabbricazione digitale (Katterfeldt, Dittert & Schelhowe, 2015):

- **Be-greifbarkeit** (l’oggetto del lavoro deve essere “afferrabile”) riferendosi al processo tramite cui i bambini imparano ad agire e pensare tramite modelli realizzati usando tecnologia digitale;
- **Imagineering** (il lavoro deve favorire l’immaginazione) con riferimento alle attività che permettono ai bambini di restituire idee significative e lavorare per la loro attuazione;
- **Self-efficacy** (auto consapevolezza e fiducia) riferendosi alla fiducia personale sulla capacità di produrre l’effetto desiderato utilizzando gli ambienti e gli strumenti di fabbricazione digitale.

Queste riflessioni portano i progettisti a immaginare quelle che dovrebbero essere le evoluzioni delle attuali stampanti 3D al fine di promuovere scenari didattici integranti il dentro e fuori la scuola.

Riprendiamo qui le tendenze ipotizzate già in Eisemberg (2013):

- a. Espandere i media fisici disponibili per la stampa 3D:** i materiali della stampa 3D dovrebbero essere sviluppati con attenzione ai differenti progetti e obiettivi educativi dei bambini. Nel lavoro di Malone & Lipson (2007) si tracciano scenari evolutivi interessanti come quello di un dispositivo per la stampa su cera multicolorata simile ai pastelli usati dai bambini o per creare un sistema con il quale i bambini possano stampare le loro forme in simil-cera attraverso gli stampini. Una ulteriore linea di pensiero è quella di esplorare stampanti che combinino diversi materiali per rispondere meglio ai progetti dei bambini. Ad esempio si potrebbero includere fili conduttori, magneti, o tag RFID, in punti specifici di oggetti solidi al fine di creare artefatti con controllo da parte di dispositivi mobili come i tablet. Materiali con differenti texture o estetiche, materiali alimentari, materiali per la fusione in stampini, e materiali combinati per progetti transmediali sono solo alcuni delle aree di ricerca per l'espansione della stampante 3D a scuola.
- b. Incorporare le idee derivanti dai processi "pick-and-place" nel 3D printing:** occorre ripensare alla stampa 3D meno in termini di produzione di un output continuo e analogico ma piuttosto come artefatto in grado di creare dispositivi che stampino costruzioni composte da numerose piccole unità discretizzate. Esistono già materiali educativi per i più piccoli che supportano questa idea: i classici "chiodini" (lett: perler), usati come pixel per comporre disegni bidimensionali, sono da qualche tempo strumento per la realizzazione di costruzioni tridimensionali. A questi perler viene data una forma di piccoli prismi esagonali cui si può dare un "volume" se uniti insieme e scaldati. Vi sono altri materiali vicini ai bambini come i mattoncini lego e le caramelle M&M's che vengono usati in modo molto simile. L'integrazione della stampa 3D nella didattica richiama la creazione di dispositivi il cui funzionamento consiste nell'assemblare insieme di "voxel". Possiamo immaginare una macchina che data una rappresentazione opportuna proveniente da un dispositivo mobile o dalla LIM sia in grado di discretizzare l'oggetto in voxel strato per strato e disporli per produrle un oggetto 3D (secondo una modalità di *pick and place*) stampando solo elementi parziali piuttosto che le forme intere in modo da gestire la complessità a seconda dello sviluppo cognitivo del bambino (Eisenberg, Ludwig & Elumeze, 2012). Tale traiettoria di ricerca potrebbe essere combinata fruttuosamente con la discussione sui materiali alternativi. Ad esempio si potrebbe immaginare che una stampante per bambini lavori su materiali misti che stampino ad esempio il nucleo di una scultura con voxel discreti, ricoprendolo con materiali più malleabili da parte del bambino. Si potrebbe utilizzare l'approccio *pick and place* per posizionare magneti o componenti elettronici su forme stampate con materiali plastici.
- c. Esplorare metodi per creare stampanti portatili e ubique:** la tendenza verso dispositivi piccoli e portatili sta guidando le evoluzioni della stampante 3D. Molteplici lavori hanno sottolineato possibilità e sfide nella realizzazione di dispositivi di fabbricazione pervasiva. Ci sono molti scenari che sostengono tale evoluzione. Ad esempio immaginiamo un bambino che stampa un oggetto unico personalizzato in un museo scientifico che potrebbe poi essere mostrato su plastico. Se l'oggetto del bambino potesse rimanere visibile potrebbe creare un legame più forte con l'apprendimento e con l'ambiente in cui

questo viene sostenuto. L'aggiunta di un proprio elemento spinge la ricerca a investire nella creazione di stampanti per i bambini che si raccordino o comunichino con stampanti centrali che possono essere posizionate nella classe.

- d. Creazione di strumenti per la personalizzazione di oggetti stampati** in 3D: la stampa 3D deve essere pensata come inclusa in un potenziale ecosistema in grado di espandere le sue potenzialità didattiche. Immaginiamo infatti la possibilità di accompagnare il processo con l'uso di dispositivi in grado di stampare delle tessiture o cover che accompagnino oggetti realizzati in 3D dai bambini (es: materiali decorativi disponibili per i bambini: nuove pitture o rivestimenti che danno aspetti particolari agli oggetti), oppure dispositivi responsivi che emettono diversi colori di inchiostro o vernice in risposta a diverse tessiture di superficie dell'oggetto realizzato. Ci si spinge a pensare a "a dispositivi a tocco" usati per modellare, fondere o perturbare manualmente gli oggetti stampati in plastica al fine di creare un ambiente didattico in situazione.
- e. Programmi per specificare, alterare e combinare gli elementi in 3D in fase di stampa.** Infine un'ulteriore linea di ricerca riguarda lo studio di programmi di grafica maggiormente rispettosi delle età evolutive dei bambini. La difficoltà di uso del software di grafica nei più piccoli è oggetto di studio soprattutto per superare il problema della realizzazione in parti di un oggetto molto grande che siano però selezionabili, colorabili e montabili a seconda dell'obiettivo didattico e della sua complessità (Follmee & Ishii, 2012).

Il mondo della fabbricazione digitale offre ai bambini una esperienza di costruzione autodiretta, stimolante e creativa. Il cambiamento di mood correlato alla "pedagogia maker" è una evoluzione di questi approcci teorici e determina un cambiamento significativo nella relazione docente-studente. Il docente nel contesto "maker" assume ruolo di "enabler" piuttosto che di "facilitator". In linea con il significato più intrinseco di making gli studenti stessi diventano "attivi" ed "esperti", con una propensione a esplorare, condividere, creare oggetti in situazione e possono guardare ai docenti come "inspirational partners" (Schon et al., 2014).

La stampante 3D sembra poter aumentare le potenzialità manipolative dei bambini di oggetti fisici e digitali, facilitando lo sviluppo di abilità di progettazione, analisi critica e realizzazione di nuovi prodotti secondo l'approccio del *do-it-yourself* ponendosi come mediatore tra concettualizzazione teorica, realizzazione pratica e trasferimento e validazione in situazione.



# 4

## Il Progetto di Ricerca

**Maeca Garzia, Giuseppina Rita Mangione, Alessia Rosa<sup>1</sup>**

*In questo capitolo esponiamo il piano di ricerca, la struttura complessiva del lavoro e i risultati raccolti nella prima fase di analisi qualitativa al fine di valutare l'effettiva possibilità di introdurre la stampante 3D all'interno della Scuola dell'Infanzia, caratterizzata da strutture fisiche e da ritmi molto differenti rispetto ai livelli scolastici successivi.*

*La prima fase del progetto di ricerca (2014/2015 e 2015/2016) si è posta l'obiettivo di restituire una "valutazione di fattibilità" dell'utilizzo didattico della stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia, da sempre fanalino di coda nell'introduzione delle tecnologie e della loro integrazione nel piano didattico. L'assenza di esperienze documentate di utilizzo della stampante 3D all'interno della Scuola dell'Infanzia ha condotto il gruppo di ricerca a soffermarsi per un tempo piuttosto prolungato (di circa due anni) sullo studio del setting, sulla definizione delle attività didattiche e sulla calibrazione del percorso in relazione alle peculiarità della fascia di età considerata.*

*La seconda fase dell'attività di ricerca (2016/2017) sarà invece dedicata a verificare l'efficacia dell'utilizzo della stampante 3D, attraverso la struttura didattica ipotizzata, su alcuni aspetti dello sviluppo cognitivo dei bambini.*

<sup>1</sup> Alessia Rosa è autrice dei paragrafi 4.1, 4.1.1, 4.1.2, 4.4, 4.4.1 e coautrice con Maeca Garzia del paragrafo 4.4.2. Giuseppina Rita Mangione è autrice dei paragrafi 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5 e 4.2.

Maeca Garzia ha condotto i video club meeting ed è autrice dei paragrafi 4.3, 4.5 e coautrice con Alessia Rosa del paragrafo 4.4.2.

## 4.1 La ricerca *Costruire giocattoli con la stampante 3D*

Indire, Istituto Nazionale di Documentazione e Innovazione Educativa, ha da sempre costruito intorno all'innovazione didattica la propria mission, intervenendo attraverso percorsi di ricerca al miglioramento della scuola italiana.

All'interno di tale contesto culturale, che vanta ormai una storia di oltre novant'anni, si inserisce a partire dal 2014 la ricerca *Maker@Scuola* con l'obiettivo di studiare l'efficacia e la ridefinizione dei modelli "maker space" e *Fab Lab*<sup>2</sup> nel il sistema scolastico italiano.

Data la complessità e le differenti possibili declinazioni di tali modelli, Indire, in una logica di razionalizzazione delle risorse e di impegno scientifico, ha deciso di delimitare il proprio campo di ricerca alla Scuola dell'Infanzia<sup>3</sup> e a specifici ambiti dello sviluppo cognitivo.

L'attività di ricerca è stata denominata *Costruire giocattoli con la stampante 3D* in quanto finalizzata a comprendere le possibilità di applicazione della stampante 3D nei contesti didattici rivolti ai più piccoli, articolandola secondo il piano di ricerca di cui daremo conto nei seguenti sottoparagrafi.

### 4.1.1 La prima fase dell'attività di ricerca (anni scolastici 2014/2015 e 2015/2016)

#### Scopi della ricerca

Gli scopi dell'attività di ricerca della prima fase possono essere così sintetizzati:

- Individuare la compatibilità della stampante 3D, di Doodle3D e di Tinkercad con le strutture tecnologiche e fisiche presenti nella Scuola dell'Infanzia nonché con i parametri di sicurezza delle stesse.
- Studiare e sperimentare modalità di intervento didattici incentrate sull'utilizzo della LIM e della stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia.
- Indagare l'accettazione delle tecnologie, nello specifico della stampante 3D e della LIM, da parte delle insegnanti delle Scuole dell'Infanzia coinvolte nel progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D*.

<sup>2</sup> Come già evidenziato nei capitoli precedenti il termine "maker space" indica uno spazio orientato alla creazione di oggetti attraverso tecnologie non necessariamente elettroniche o informatiche configurandosi in estrema sintesi come un'officina condivisa, dotata di spazi di lavoro, attrezzature, macchine digitali e non. I *Fab Lab*, sono una categoria speciale di "maker space": con questi ultimi condividono tutti gli aspetti, connessi allo spazio alle attività alle attrezzature, ma nei *Fab Lab* si privilegiano le tecnologie digitali a sfavore delle tecniche artigianali manuali, con l'obiettivo di cercare la corrispondenza tra rappresentazione digitale e fabbricazione di un oggetto più o meno complesso.

<sup>3</sup> A partire dal 2016 un altro gruppo di ricerca ha iniziato un percorso di analisi e ricerca sull'utilizzo della stampante 3D nella Scuola Primaria.

## Disegno di ricerca

Per quanto riguarda la verifica della compatibilità delle proposte tecnologiche con le peculiarità della Scuola dell'Infanzia e la definizione delle modalità di intervento didattico più adeguate, ci si è rifatti alla struttura della ricerca-azione che ha visto le insegnanti quali principali stakeholders coinvolti nella rivisitazione degli elementi problematici e non funzionali all'utilizzo autonomo degli strumenti, e nell'elaborazione delle attività didattiche connesse.

Ciò che tale fase della ricerca era interessata a considerare erano i problemi e le inefficienze nell'introduzione della stampante 3D da parte di chi opera sul campo, e nel delineare e sperimentare linee di intervento e soluzioni adeguate al contesto di riferimento.

Essendo per il gruppo di ricerca importante non solo la fattibilità delle attività proposte dal punto di vista pratico ma anche emotivo da parte delle docenti coinvolte, si è deciso di indagare l'accettazione delle tecnologie, nello specifico della stampante 3D e della LIM, da parte delle insegnanti al fine di acquisire una più profonda comprensione del contesto analizzato.

## Il campione

Sono state coinvolte tutte le insegnanti partecipanti alla sperimentazione delle proposte didattiche.

Il campione delle scuole è stato individuato in forma ragionata tra le Scuole dell'Infanzia italiane che possedevano all'interno dei loro locali almeno una LIM, mentre le stampanti 3D sono state fornite dall'istituto di ricerca.

La scelta di rivolgere l'invito a scuole appartenenti a Istituti Comprensivi, sia di grandi città sia di centri più piccoli, consentirà in futuro uno sviluppo verticale della ricerca ampliando così il campo di analisi a contesti e fasce di età diversificate. Più in dettaglio le scuole coinvolte nel secondo anno di sperimentazione sono state: la Scuola dell'Infanzia Peter Pan, di Pontenure; la Scuola dell'Infanzia Gigli, di Loreto; la Scuola paritaria dell'Infanzia Gesù Buon Pastore, di Firenze; la Scuola Andrea Del Sarto di Firenze; la Scuola Rodari di Firenze; la Scuola dell'Infanzia di Sigillo, di Perugia; la Scuola dell'Infanzia di San Valentino Torio, Salerno e la Scuola dell'Infanzia Rousseau di Torino.

## Gli strumenti

Al fine di rilevare l'utilizzabilità delle tecnologie ipotizzate e l'adeguatezza delle proposte didattiche è stato organizzato un Video Club Meeting. Per valutare l'accettazione delle tecnologie, da parte delle insegnanti sono state pianificate una serie di interviste semistrutturate "uno a uno", con due insegnanti (estratte casualmente<sup>4</sup>) per ogni scuola coinvolta, per un totale di sedici insegnanti.

<sup>4</sup> Fa eccezione la scuola di Torino in cui partecipano solo due insegnanti.

## 4.1.2 La seconda fase dell'attività di ricerca (anno scolastico 2016/2017)

Gli scopi della ricerca del terzo anno di sperimentazione possono essere così sintetizzati:

- Individuare le potenzialità dell'utilizzo della stampante 3D all'interno della Scuola dell'Infanzia nell'ambito di percorsi di didattica per competenze (basati nello specifico sulla struttura think, make, improve).
- Verificare l'efficacia dell'utilizzo della stampante 3D all'interno della Scuola dell'Infanzia nel supportare il potenziamento della lateralizzazione, del pensiero logico e delle capacità di astrazione.
- Comprendere se la stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia favorisce la motivazione intrinseca (curiosità, piacevolezza, propensione allo studio) verso le STEM.

### Ipotesi e variabili

Si ipotizza che:

- l'utilizzo della stampante 3D in contesto ludico consenta ai bambini di rispondere più agevolmente (rispetto ad altre soluzioni) a problemi incentrati sulla didattica per competenze, attraverso la possibilità di svincolare la risoluzione proposta da difficoltà di realizzazione pratica;
- l'utilizzo della stampante 3D in contesto ludico consenta ai bambini di sviluppare approcci metacognitivi strutturati alle soluzioni ideate, individuando limiti e possibilità di potenziamento;
- l'utilizzo della stampante 3D in contesto ludico consenta ai bambini di implementare le capacità di astrazione rispondendo a problemi aperti indipendentemente dalla possibilità di manipolare e visualizzare gli elementi coinvolti;
- l'attivazione di percorsi didattici incentrati sull'utilizzo della stampante 3D favorisca il potenziamento delle capacità di lateralizzazione;
- l'attivazione di percorsi didattici incentrati sull'utilizzo della stampante 3D agevoli lo sviluppo del pensiero logico;
- l'uso della stampante 3D favorisca la motivazione intrinseca (curiosità, piacevolezza, propensione allo studio) verso le STEM;
- l'uso della stampante 3D favorisca nell'ambito della motivazione intrinseca verso le discipline tecniche e scientifiche un livellamento nelle differenze di genere

Si assumeranno come variabili indipendenti il percorso ludico narrativo ideato per il progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D* e il metodo ordinario. Le variabili dipendenti sono rappresentate dallo sviluppo di capacità di risoluzione di problemi aperti, lo sviluppo di abilità

metacognitive, le capacità di lateralizzazione, lo sviluppo logico, la motivazione intrinseca verso le STEM.

## Disegno di ricerca

Per quanto riguarda il controllo dell'efficacia dell'intervento sarà adottato un piano di ricerca quasi sperimentale a due gruppi.

## Il campione

Campionamento non probabilistico ragionato<sup>5</sup>.

## Gli strumenti

Per rilevare l'efficacia dell'intervento in relazione al primo scopo sopra descritto (scopo a) saranno somministrate prove per competenza specificatamente ideate per l'attività di ricerca in oggetto. In relazione allo scopo b sarà somministrato il test WPPSI (Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence – III). La WPPSI-III è uno strumento clinico di somministrazione individuale che valuta l'efficienza intellettuale di bambini dai 2 anni e 6 mesi ai 7 anni e 3 mesi<sup>6</sup>. Per rilevare l'efficacia dell'intervento in relazione allo scopo c e comprendere il complesso cambiamento nei processi motivazionali verrà implementato e utilizzato uno strumento ad hoc basato su un approccio "misto" narrativo e oggetti fisici tecnologicamente potenziati (Migliano, Di Ferdinando, et al., 2103). La storia si avvarrà di test costruiti sulle seguenti metriche: 1. *l'orientamento verso ambiti disciplinari*, basandosi su i diffusi strumenti di indagine sull'orientamento scolastico/professionale per gli adolescenti (es. *Portfolio Optimist* di Soresi, S. e Nota, L., 2001), ma adattati e modellati per la Scuola dell'Infanzia; 2. *la motivazione intrinseca/vs. estrinseca* agli ambiti disciplinari identificati, in accordo con le tradizionali definizioni operazionali (Atkinson, 1964; Decy e Ryan, 1985).

### 4.1.3 Analisi delle pratiche con la stampante 3D. La riflessione tramite il Video Club

Gli studi inerenti l'analisi di pratica hanno dimostrato le potenzialità della riflessione basata sui video nel supportare lo sviluppo di competenze critiche di osservazione e analisi del proprio agire da parte degli insegnanti che possono così ripensare al loro operato all'interno di un circolo analitico, critico, virtuoso e condiviso (Hiebert, Gallimore & Stigler, 2002).

Studi più recenti condotti da Stürmer, Seidel & Schäfer (2013) e Kleinknecht & Schneider (2013)

<sup>5</sup> Una più accurata definizione della strategia di campionamento è in corso di definizione.

<sup>6</sup> Per ciascuna delle due fasce sono previste differenti batterie di subtest. Il range di età è stato suddiviso in due fasce per accordarsi con il continuo sviluppo cognitivo che si verifica durante questi anni critici: 2.6-3.11 anni e 4.0-7.3 anni.

hanno mostrato come la capacità del docente di comprendere e intervenire sulle pratiche educative possa essere sostenuta tramite l'uso del video. Il video può migliorare la consapevolezza in situazione mettendo il docente anche nella condizione di predire gli impatti di una particolare strategia didattica o tecnologia rispetto agli obiettivi (Tripp & Rich, 2012; Sherin & van Es, 2009). La ricerca ha dimostrato che i docenti in servizio giudicano l'analisi dei video come una esperienza motivante e avvincente (Borko et al., 2011). La possibilità di guardare le video-registrazioni delle situazioni di aula è di grande importanza per i docenti perché fornisce loro l'opportunità di fare chiarezza su quegli aspetti che durante l'agire in classe avevano attirato la loro attenzione e che possono essere di particolare importanza al fine di migliorare la mediazione didattica, individuare dove intervenire per lo sviluppo di specifiche competenze e migliorare i modi con cui si interviene con una innovazione didattica e tecnologica (Borko et al., 2011; Miller & Zhou, 2007; Santagata et al., 2007; Sherin & van Es, 2009).

Si possono individuare almeno tre grandi benefici della video-analisi, così come sostenuto dagli stessi docenti: autenticità, ripetitività e la riflessione mediata dalla "distanza".

Per quanto concerne il primo punto il video ha il potenziale di catturare la complessa realtà scolastica in modo autentico e rilevante (Spiro, Collins & Ramchandran, 2007) mettendo in evidenza le azioni multiple che si succedono nello stesso luogo contemporaneamente. Gli osservatori sono in grado di disegnare più connessioni con la propria pratica e di raggiungere un livello profondo di impegno e di coinvolgimento. Da questo punto di vista, osservare i video fornisce «a vivid second hand experience» perché gli spettatori possono immergersi individualmente in situazioni (Miller & Zhou, 2007). Il video offre ai docenti la possibilità di accedere alle informazioni necessarie per percepirsi "dentro" all'evento.

In secondo luogo, il video fornisce una registrazione permanente che può essere visualizzata più volte, ripetutamente. Così a differenza di un qualsiasi momento *live* dell'insegnamento che è finito temporalmente, il video permette di preservare l'interazione sottoponendola a successive analisi e considerazioni. Inoltre, gli osservatori possono mettere in pausa i video o riguardare le scene più volte per riflettere su situazioni anche da prospettive diverse.

Infine, gli osservatori del video hanno l'opportunità di esaminare le situazioni da una certa "distanza". Non c'è bisogno di rispondere con quell'immediatezza tipicamente richiesta durante i momenti della didattica. Osservando il video è possibile analizzare l'insegnamento in modo sistematico, in un momento che è lontano dalla situazione di interazione con l'ambiente e con gli alunni (Sherin, 2004; Sherin & van Es, 2009). Le situazioni d'aula complesse possono essere osservate in micro-momenti, dalle dimensioni più gestibili favorendo così una migliore armonizzazione delle teorie con le pratiche educative (Roth, 2007).

Proprio per questi tre grandi benefici sopra esposti il gruppo di ricerca *Costruire giocattoli con la stampante 3D* ha ritenuto utile sperimentare l'analisi della pratica educativa basata sul video al fine di migliorare la capacità di riflessione dei docenti sull'introduzione in classe della stampante 3D (intervenendo quindi sulla costruzione del profilo professionale e sulla loro partecipazione

attiva all'innovazione didattica) e arricchire i dati qualitativi elaborati dai ricercatori volti a sistematizzare le modalità di intervento.

#### 4.1.4 I Video Study Group come approccio alla riflessione e analisi collettiva

L'analisi individuale delle proprie pratiche tramite il video implica, secondo alcuni studi scientifici, la presenza di numerosi rischi e di effetti negativi. In particolare una visione individuale può limitare e compromettere la riflessione costruttiva. Studi recenti (Seidel et al., 2011; Gaudin & Chalies, 2015) mostrano che gli elementi cardine di immersione, autenticità e motivazione possono trovare nei meccanismi di autodifesa un forte ostacolo che impedisce al docente, da solo, una analisi critica e un giudizio obiettivo sulle dinamiche d'aula (Seidel et al., 2011). Si sottolinea quindi l'importanza di una dimensione collaborativa e di confronto che, forte di norme condivise per l'analisi delle video pratiche e la loro discussione, possa facilitare la crescita professionale basata su argomentazione critica del proprio agire e conseguentemente migliorare l'azione didattica in classe. La ricerca sullo sviluppo professionale del docente enfatizza il ruolo della partecipazione collaborativa come una componente indispensabile per l'innovazione e il miglioramento. Nell'ultimo decennio i Video Study Group e forme di *co-professional development*, dove i docenti condividono i video delle proprie classi e discutono aspetti della loro pratica didattica, sono considerati di interesse (Sherin & Han, 2004). Si distinguono molte esperienze di Video Study Group come "Problem Solving Cycle" (Borko et al., 2011), "Video Based Quality Circle" (Gärtner, 2008), "Lesson Study" (Maltinti, 2014), "Video Club" (Sherin & van Es, 2009) e i più recenti "Dialogic Video Cycle" (Seidel, Pehmer & Kiemer, 2014). Tutte queste forme sono accomunate dall'idea di fondo, a cui la ricerca *Costruire giocattoli con la stampante 3D* si ispira, che i docenti debbano lavorare insieme ai ricercatori all'analisi dei momenti d'aula, alla identificazione di alcune *routines* e compiti sostenibili, alla riflessione sulle pratiche e sugli obiettivi di competenza. A seconda degli obiettivi per cui vengono organizzati i video study group si possono distinguere approcci in cui l'importanza è data principalmente all'illustrazione di pratiche d'insegnamento per il sostegno di capacità di interpretazione e di riflessione dei docenti (Video Based Quality Circle), a quelli in cui l'osservazione è fortemente centrata sull'apprendimento dello studente e non sulla pratica del docente (tipicamente i Lesson Study) e ancora esperienze dove la guida del facilitatore è fondamentale per analizzare le competenze e programmare il miglioramento delle pratiche didattiche all'insegna della fiducia tra pari (Video Club e Dialogic Video Circle). Nel caso della ricerca sulle stampanti 3D la scelta è ricaduta su quest'ultimo approccio perché l'obiettivo era quello di confermare alcune pratiche nell'ambito di una rete di pari basata sulla fiducia e definire elementi su cui si individuavano prospettive discordanti per definire piste di miglioramento condivise da applicare nel secondo anno di lavoro. Le produzioni documentarie realizzate dai ricercatori Indire durante le osservazioni in aula nelle 8 scuole

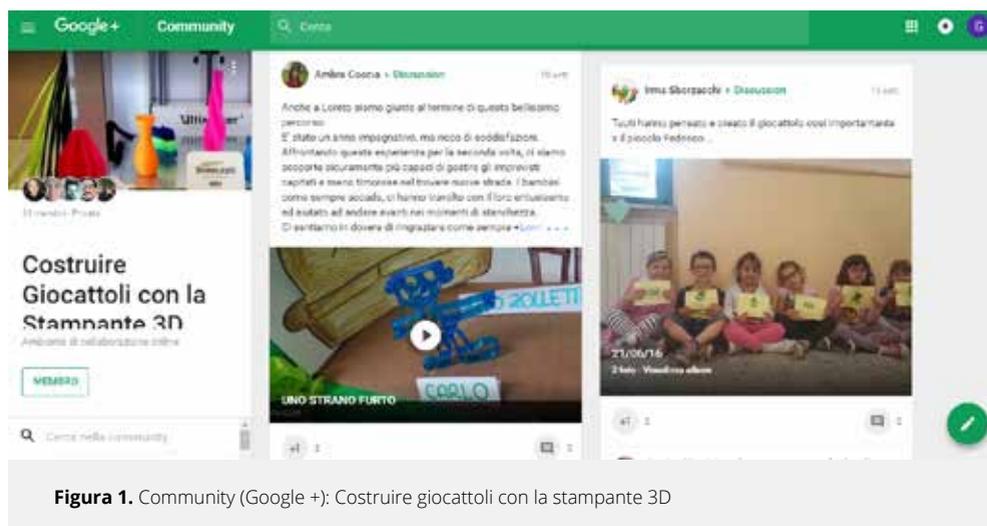


Figura 1. Community (Google +): Costruire giocattoli con la stampante 3D

coinvolte nella sperimentazione e condivise dagli stessi docenti nell'ambito di uno spazio community (Fig. 1) appositamente predisposto, sono state oggetto di una selezione e prima analisi qualitativa basata sul Video Club (Sherin & Han, 2004).

La selezione di alcuni elementi della pratica aveva come obiettivo quello stimolare la discussione e la riflessione condivisa tra i docenti per finalizzare e individuare gli elementi chiave dell'esperienza condotta e concordare rispetto a temi su cui si rilevavano pratiche nuove o varianti di interesse.

### 4.1.5 Il Video Club con le maestre della Scuola dell'Infanzia

Molto simili ai Teacher Study Group e ai Focus Group (Van Es, 2012), i Video Club asincroni (Sherin, 2004) sono stati prescelti come modello di analisi collaborativa con i docenti della Scuola dell'Infanzia.

L'uso di questo approccio è legato alla capacità da un lato di sostenere lo sviluppo della *teacher community* (già in essere nel progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D*) e dall'altro di condurre i ricercatori alla riflessione sulla fattibilità del percorso proposto e all'eventuale ridefinizione delle pratiche (van Es, 2012). I Video Club sono stati disegnati per coinvolgere i docenti della Scuola dell'Infanzia nell'analisi e nella ridefinizione della pratica didattica in un tempo di condivisione e di approfondimento che è molto più lento del tempo di azione che il contesto classe richiede (van Es, 2009). Inoltre tramite i Video Club viene promosso un processo di investigazione e discussione animata tra i docenti, non solo sul singolo video ma anche sulle pratiche del Video Club stesso e sui temi da affrontare sui quali risulta proficuo interrogarsi per apprendere nuove modalità di azione in classe. Il concetto stesso "revisione tra pari" è parte in-

tegrante della struttura di questi modelli di collaborazione (van Es et al., 2012), non finalizzati alla valutazione delle pratiche ma al miglioramento dei processi di insegnamento e quindi alla conferma o meno delle modalità di intervento didattico da sostenere tramite l'uso della stampante 3D. Il primo Video Club si è tenuto al termine del secondo anno di sperimentazione e in seguito alla messa in atto di compiti specifici, definiti con i ricercatori Indire, nelle classi sperimentali. I gruppi di docenti che hanno partecipato alla sperimentazione, all'analisi e all'osservazione dell'e-



**Figura 2.** Setting del primo Video Club con i docenti della Scuola dell'Infanzia

sperienza, riunitisi a Firenze, sono stati coinvolti nell'analisi di brevi segmenti video selezionati e raccolti per comprendere meglio la percezione dei docenti rispetto ad alcune dimensioni chiave su cui poggiare il prosieguo della sperimentazione nella Scuola dell'Infanzia (Fig. 2).

Durante il Video Club Meeting i docenti hanno fatto leva sulle loro abilità di analisi delle interazioni con le nuove tecnologie e del pensiero del bambino per comprendere le pratiche e validarle insieme. Il setting a supporto di questa modalità di lavoro tra docenti ha previsto un facilitatore/moderatore (ricercatore Indire) che ha avuto cura di individuare degli estratti dei video realizzati durante le osservazioni condotte in aula da mostrare durante il Group Meeting.

Durante il Video Club i docenti hanno visto tali video e discusso quelle problematiche o situazioni, che giudicano più importanti o critiche, relative alla stampante 3D con i bambini di 5 anni. Il facilitatore ha avuto cura di ricordare che i video oggetto di discussione erano soltanto un breve estratto di ciò che era avvenuto nella classe (Miller & Zhou, 2007). Sottolineare tale

aspetto è importante altrimenti gli insegnanti che visualizzano le registrazioni video possono trarre delle conclusioni affrettate, non valutando che si tratta di particolari momenti del tempo della didattica (Lampert, 2010) e di un solo tema o attività rispetto all'insieme delle strutture che fanno parte del corpus analizzabile, tra cui appunto i risultati dei compiti, relazioni emerse tra studente e stampante 3D o ancora le tipologie di supporto e facilitazione che ogni docente ha messo in atto nelle proprie classi. La sessione di lavoro condotta dai ricercatori Indire ha voluto sostenere tre differenti aspetti ritenuti fondamentali per la riuscita del Video Club (Seidel et al., 2011): (1) descrizione, (2) spiegazione, e (3) previsione. La **descrizione** riflette la capacità dei docenti di identificare e distinguere tra eventi più o meno rilevanti con l'aiuto del facilitatore (nel nostro caso i ricercatori Indire che avevano anche partecipato alle osservazioni in classe). La **spiegazione** si riferisce alla capacità del docente di utilizzare ciò che si sa per ragionare in modo efficace su una specifica situazione. Ciò richiama la capacità di collegare eventi di classe alla conoscenza concettuale e classificare le situazioni a seconda delle dimensioni dell'insegnamento coinvolte. La **previsione** si riferisce alla capacità dei docenti di prevedere le conseguenze degli eventi osservati in termini di impatto sull'apprendimento del bambino. Essa si basa su una confidenza anche con lo strumento innovativo della stampante 3D e sulla sua applicazione nella pratica didattica.

## 4.2 Attività propedeutica al video: la restituzione della pratica da parte delle maestre<sup>7</sup>

Il Video Club è stato preceduto da un momento di restituzione puntuale di ogni docente, referente della scuola in quanto cantiere sperimentale, relativamente all'esperienza nel suo complesso durante i primi anni. Da questa prima fase emergono alcuni elementi su cui si riscontra coerenza sia nella pratica che nei risultati di integrazione della stampante 3D nella didattica percepiti e alcuni temi nuovi (emersi nel farsi dell'attività), in particolare messi in risalto dalle scuole che erano al loro secondo anno di sperimentazione, su cui soffermarsi per comprenderne l'introduzione nelle pratiche dell'infanzia con la stampante 3D e il valore possibile aggiunto.

### Scuola dell'Infanzia del Sarto: sono stati coinvolti 16 bambini fascia di età mista (4-5 anni).

Il progetto, e quindi la convenzione con l'Istituto, ha inizio nell'anno scolastico 2014-2015. Le docenti sottolineano come la loro visione metodologica delle 3P (pensiero, progetto, prodotto) abbia trovato «una risoluzione veloce nell'uso della stampante 3D e della LIM. I bambini pensano ciò che devono realizzare, lo riproducono graficamente tramite Doodle3D, lo trasfe-

<sup>7</sup> Per una più approfondita comprensione delle analisi delle insegnanti rimandiamo alla lettura delle attività realizzate nelle scuole e descritte nel capitolo successivo.

riscono sulla LIM e poi lo stampano»). Dalle presentazioni emerge l'attivazione da parte dei bambini di capacità logiche e di problem solving, in sinergia con un'azione propedeutica necessaria, a detta delle maestre, per la comprensione di alcuni concetti chiave come ad esempio l'albero cavo. Dal racconto dei bambini, riportato in forma narrativa dalle maestre, emergono i processi di analisi e sintesi durante la realizzazione della Torta (Fig. 3): «per fare l'albero con il buco abbiamo dovuto prendere delle figure e trascinarle con una penna magica su un foglio con tanti quadratini piccoli... e metterne sopra altre, "sormontare" ha detto quel signore



**Figura 3.** La realizzazione della torta con la stampante 3D

che è venuto a scuola (riferendosi al ricercatore Indire) e poi dobbiamo fare una rete intorno e andare dove c'è scritto "buco"; oppure ancora «abbiamo cercato le figure e le abbiamo messe una sopra l'altra, come abbiamo fatto per l'albero, però non l'abbiamo bucata». Per il compito relativo alle impronte e al labirinto, la difficoltà per i bambini è stata più elevata e ha richiesto una maggiore attività di accompagnamento da parte delle maestre per via di concetti importanti da acquisire quali quelli propri delle grandezze e dell'orientamento spaziale. Sempre riprendendo dal narrato dei bambini: «Ci siamo tolti le scarpe e abbiamo camminato in un percorso fatto con la farina e il colore a tempera arancione e poi abbiamo contato quanti piedi ci metteva ogni bambino per arrivare dalla casa di Marco a quella dell'Orco»; «Arianna ci ha messo 10 piedi, cioè 5 passi perché per fare un passo ci vogliono 2 piedi. Alberto ci ha messo 12 piedi... però Arianna non è arrivata prima, sono arrivati insieme. Però aveva il piede più lungo». La condivisione progettuale e condivisione del plastico ha suscitato grande soddisfazione e sviluppo di un senso di *authorship* da parte dei bambini.

## **Scuola Rodari: sono stati coinvolti 8 bambini di 4-5 anni (estraendo a sorte 2 bambini per sezione) e 2 docenti.**

Il progetto ha inizio nell'anno 2014/2015. La collaborazione tra colleghi e la continuità di una storia di fondo con compiti precisi sono ritenuti fondamentali per la progettazione degli ambienti e la predisposizione di attività inserite in incontri settimanali di circa 1 ora. Doodle è stato molto intuitivo e i bambini venivano guidati dai vincoli presenti nella storia per disegnare i personaggi. La possibilità di modificare continuamente il proprio modello fino a raggiungere la qualità voluta per la stampa finale ha favorito un processo continuo di scoperta, confronto e insieme di autovalutazione. L'uso di Tinkercad è stato più complesso. Una prima sperimentazione dello strumento, svincolata dai compiti formali che la storia presentava, ha favorito la comprensione da parte dei piccoli delle varie funzionalità utili per avviare il lavoro racchiuso nel primo compito. La rotazione e la giusta prospettiva per il disegno sono state le capacità emerse durante la realizzazione dei compiti con particolare riferimento alla "torta". Le maestre sottolineano come «i bambini hanno manifestato sempre minori difficoltà e alcuni meccanismi, come il ruotare il piano di lavoro sulla LIM, guardare dall'alto e guardare sotto, sono stati interiorizzati fino a essere eseguiti senza la guida e le domande stimolo dell'insegnante». Il progetto ha suscitato la curiosità dei bambini e ha permesso loro di scoprire concetti topologici (sopra, sotto, davanti e dietro) e la tridimensionalità così come «l'imparare a trovare strategie per risolvere i problemi che ne derivavano».

## **Istituto comprensivo di Sigillo (Scuola dell'Infanzia G. Agostinelli): sono stati coinvolti 16 bambini di 5 anni seguiti da 2 docenti.**

L'attività sperimentale ha consentito secondo le maestre «di confrontarsi con le loro capacità, migliorandosi e costruendo le basi di una solida identità personale e una percezione positiva del proprio io». Il tutto si è svolto in clima di serena collaborazione «in un ambiente strutturato e programmato nei tempi e negli spazi dove ognuno poteva con facilità e spontaneità svolgere le attività che accompagnavano i compiti con la stampante». I bambini sperimentavano e apprendevano sentendosi indispensabili per il raggiungimento degli obiettivi. La documentazione continua e l'analisi dei vari step attraverso l'allestimento di spazi di riflessione e restituzione (con cartelloni fotografici) ha permesso di ritornare spesso sul percorso fatto e di riflettere anche su errori e nuove modellizzazioni. Si sottolinea l'importanza di tutte le fasi propedeutiche fondamentali per una coerente attività di progettazione. La storia è stata proposta ai bambini per step e per fissare meglio le caratteristiche dei personaggi e delle situazioni. I bambini hanno disegnato i personaggi, realizzati tramite la stampante 3D e confrontati rispetto ai requisiti che la storia in qualche modo già indicava. Il compito dell'albero cavo ha fatto scoprire loro un primordiale concetto di solido e il concetto di "equilibrio": «i bambini hanno scoperto che le radici andavano messe in una certa posizione per non farlo cadere». È con il compito della torta che il concetto di

solido ha trovato una piena comprensione. Per il compito del labirinto (altro compito che permetteva ai bambini di arrivare alla casa dell'orco) è stato progettato un percorso di coding. Ai bambi-



**Figura 4.** La realizzazione del codice per costruire il percorso del labirinto

ni è stata data una griglia su cui posizionare l'orco e l'elfo e ognuno scriveva il proprio codice per arrivare alla casa dell'orco (la griglia presentava gli ostacoli, i comandi e le frecce direzionali da usare) (Fig. 4). «Tutti hanno letto il proprio codice consolidando anche la propria percezione di orientamento nello spazio correggendo anche le proprie azioni grazie al confronto con gli altri». Con le orme i bambini hanno disegnato prima le orme con la sabbia per poi realizzarle con Doodle. In seguito hanno registrato i dati su un istogramma per fare i raffronti numerici rispetto alla dimensione e al numero di passi che erano necessari ai vari personaggi per raggiungere la casa dell'orco. «I bambini hanno appreso i concetti di maggiore, minore e di differenza propri della scuola primaria così come quello di grandezza e quantità». Il ponte è stato prima progettato con i regoli e con i Lego e poi con Doodle e Tinkercad. In questa seconda attività è stata visibile l'opportunità di variare la modellazione del ponte che rispetto ad una fase iniziale ha trovato differenti realizzazioni.

### **Scuola dell'Infanzia Gigli di Loreto: sono stati coinvolti in tutto 20 bambini con la guida di 4 docenti.**

I docenti raccontano di aver deciso di dividere le attività per gruppi di bambini (un momento di grande gruppo durante le fasi di avvio e sintesi finale e un momento di piccolo gruppo a seconda del software utilizzato). A differenza delle altre scuole, e forse anche per la maturità che questa scuola presentava in quanto già al secondo anno di lavoro con il grup-

po Indire, vi è stato un lavoro di concerto con la Scuola Primaria (riprendendo i bambini che l'anno prima avevano lavorato alla sperimentazione). I docenti della primaria riportano come «non solo i bambini manifestano un pensiero computazionale più avanzato rispetto agli altri bambini, ma anche una capacità di fare da tutor ai bimbi che non avevano avuto alcuna esperienza con la stampante 3D» impegnandosi nella produzione di un Abaco. Le orme e le attività di misurazione sono quelle maggiormente apprezzate così come quelle di individuazione degli errori o degli elementi mancanti («quale orma non è stata individuata?»). La costruzione del ponte è stato un compito molto interessante e complesso anche perché fatto in questa scuola senza la propedeutica. Le docenti hanno infatti spiegato di avere scelto (al loro secondo anno di lavoro con la stampante) di non adottare attività propedeutiche al compito (contrariamente all'anno precedente) per capire se davvero la stampante 3D poteva facilitare alcuni processi acquisitivi senza il supporto di azioni con pongo, disegno, costruzioni. Dividendo due gruppi di bambini (uno aveva fatto propedeutica e l'altro senza propedeutica) nell'ambito del compito dell'albero cavo è stato rilevato che «i bambini senza propedeutica ma solo su Tinkercad, riuscivano a rifare bene e meglio tutte le fasi del lavoro capendo immediatamente il tridimensionale, mentre chi aveva fatto attività con il pongo andava o sul "piatto" e nello specifico non vedevano il tridimensionale: se dovevano fare l'albero lo facevano "spianato" facevano la chioma e poi dicevano "ma come lo tiriamo su questo albero?"»).

I bambini che hanno lavorato con Tinkercad sono riusciti poi a disegnare in 4 fasi il processo



**Figura 5.** La valutazione dei prodotti finali

di lavoro mentre i bambini che non avevano sperimentato hanno avuto maggiore difficoltà. I docenti si sono voluti sperimentare con attività nuova creando anche una giuria dei bambini esterni che valutavano il risultato migliore prodotto con la stampante (Fig. 5). Il giocattolo finale ha permesso loro di unire fantasia e progettualità.

## Istituto di San Valentino Torio: sono stati coinvolti in tutto 47 bambine e 5 maestre.

La presentazione dei docenti si focalizza sui compiti che richiedevano l'utilizzo di Tinkercad che si è avviata con il compito dell'albero cavo. Il passaggio da Doodle a Tinkercad è stato metabolizzato da bambini e insegnanti grazie a tutta una serie di attività propedeutiche per l'apprendimento dei solidi. Come dice la stessa maestra, «l'ambiente fisico fortemente strutturato sembra limitare la fantasia dei bambini. La propedeutica ha consentito di far lavorare contemporaneamente e in parallelo vari gruppi, e nei tempi di attesa della stampa i bambini socializzavano con gli altri quello che stava succedendo». Attività propedeutiche e motivanti l'uso del nuovo software ha consentito alle maestre di sperimentare e confrontarsi e ai bambini di lavorare meglio durante poi i momenti di attesa delle stampe, raccontando e socializzando quello che stava succedendo nelle specifiche sezioni. L'altra attività propedeutica è stata fatta per l'inserimento dei solidi nel programma scolastico. Come dice la maestra «nella Scuola dell'Infanzia, o almeno nella nostra scuola, il concetto di solido viene affrontato in modo "naturale" come esperienza nella realtà e conoscenza del mondo». Con il coinvolgimento e la collaborazione degli insegnanti della primaria, ai bambini è stato fornito un insieme di stimoli per la comprensione del concetto di solido e dei vari solidi e sul come combinarli tra di loro. Come attività propedeutica è stata proposta la costruzione dell'orco con i vari solidi accompagnando il bambino al lavoro con Tinkercad. La realizzazione del tronco cavo in scala reale al centro dell'agorà della Scuola dell'Infanzia (rivestendo un pilastro) ha facilitato la comprensione dei bambini e la loro esperienza con il concetto di "cavo". Questo ha permesso di inserire nella progettazione didattica l'esperienza con la stampante. La discussione si è focalizzata sul come "bucare" l'albero. «Al di là delle attività tecniche i bambini suggerivano di bucarlo con il cilindro, dall'alto o dal basso». Il fallimento della realizzazione dei vari prototipi (che si spezzavano durante la stampa) ha portato a bucare il cilindro con la sfera. L'albero è stato poi inserito nel plastico. Durante il compito del labirinto in cui è stato richiamato il "percorso" con l'attività di "coding": «Partendo dall'albero fisico che avevamo realizzato i bambini hanno costruito il percorso dalla casa di Franco alla casa dell'Orco in scala reale». Ispirati dal gioco del turista che deve raggiungere un oggetto, i bambini davano indicazioni utilizzando delle carte riportando al contesto del piccolo Franco che deve raggiungere la casa dell'orco. Il compito delle orme ha permesso al bambino di contare i passi e di familiarizzare il concetto di confronto tra le dimensioni.



**Figura 6.** La realizzazione delle orme vuote e piene

I bambini inoltre hanno drammatizzato la storia scegliendo di rappresentare i vari personaggi in base alle caratteristiche fisiche, e facendo una registrazione fisica dei tempi necessari per raggiungere la casa dell'orco attraverso una tabella del contapassi. «Doodle si prestava benissimo perché costruivano il contorno, l'orma. Poi con Tinkercad hanno fatto il timbro, con il cilindro il manico e con la manipolazione di sfere è venuto il piede con le varie dita» (Fig. 6).

### **Scuola dell'Infanzia J. J. Rousseau: sono stati coinvolti 16 bambini di 5 anni (appartenenti a due sezioni distinte) e 2 maestre.**

Un giorno a settimana era dedicato all'attività sperimentale con la stampante. È stato fatto comprendere ai docenti, restii all'introduzione delle tecnologie nella Scuola dell'Infanzia. Nel gruppo vi era una bambina autistica che ha preso parte a tutte le attività anche con l'aiuto dei compagni. La maestra sottolinea che Doodle è stato molto utile in quanto dispositivo che è venuto incontro ai bambini con difficoltà dal punto di vista grafico e manipolativo perché «io disegno e me lo stampa così; quando lavoro con la plastilina se ho buone capacità riesco, altrimenti il progetto che ho non viene come io vorrei, invece la stampante lo stampa così». Diversa invece è stata la progettazione alla LIM. «La difficoltà è con Tinkercad perché c'è un problema con il puntatore che abbiamo provato a superare attribuendo la mano alla maestra (che invece riesce a usarlo) e la mente sono i bambini che guidano, quindi con i comandi dettagliati che le azioni che le maestre devono fare sul piano digitale. Nella difficoltà quindi abbiamo trovato la "soluzione". In questo modo i bambini hanno lavorato con molta precisione rispetto alle azioni che dovevano far realizzare alle maestre migliorando le capacità di verbalizzazione». Il compito dell'albero cavo ha coinvolto i bambini nella discussione sull'altezza del buco e sulla radice dell'albero che doveva garantire la stabilità. Questa attività ha fatto anche emergere intuizioni brillanti dei bambini nell'individuazione delle migliori strategie. Anche per il compito del labirinto la maestra sottolinea come i bambini si sono cimentati nel disegno su Doodle, realizzando labirinti molto semplici o molto complessi per poi costruire il labirinto di gruppo, calcolando anche i passi che ci volevano per superarlo. I bambini hanno introdotto la variabile tempo nel superare il labirinto introducendo la clessidra che ha però distolto l'attenzione sulle orme e sui passi. La docente sottolinea la novità e il valore di questa esperienza nonostante i tempi di attesa molto lunghi nella fase di stampa.

### **Scuola dell'Infanzia Peter Pan di Pontenure: sono stati coinvolti 2 gruppi di bambini di 5 anni, un gruppo di 28 e un gruppo di 29 (4-5 anni) seguiti da 3 docenti.**

I bambini di 4 anni non hanno partecipato a tutto il progetto svolgendo attività collaterali. La storia una volta letta è stata *drammatizzata* nella sua totalità e personalizzata (i bambini hanno scelto i nomi e i personaggi da interpretare). La sperimentazione con Doodle prima dell'avvio dei compiti ha facilitato la comprensione del

software superando anche le prime difficoltà inerenti le proporzioni (tra chi disegnava su Ipad e Lim) rispetto al prodotto finale della stampante che non veniva influenzato dalle dimensioni del *device* su cui si disegnava (concetto di proporzione del foglio e uguaglianza del risultato). «Ovviamente per i bambini lavorare sulla LIM significava poter disegnare e mettere in fila tutti i personaggi realizzando immediatamente le differenze che su Ipad non riuscivano a percepire». La didattica laboratoriale è stato il filo conduttore della sperimentazione legando le attività ai tavoli di interesse proposti già dalla scuola (già coinvolta in un percorso di innovazione con Indire proprio sulla didattica laboratoriale). Facevano quindi ruotare i bambini tra i vari tavoli. Non c'erano tempi morti, ma lavoravano tutti sullo stesso tema con materiali e prospettive diversi, mantenendo però anche il contatto con gli altri che stavano facendo altre esperienze. Il compito della torta ha fatto destare molte notazioni da parte delle docenti. Innanzitutto viene sottolineata una forte attività propedeutica (Fig. 7) come ad esempio «quella di luci e ombre per far comprendere come i piani dovevano essere ben vicini, uno sull'altro, per la realizzazione del prodotto oppure quella che richiedeva di cucinarla per comprendere meglio la prospettiva rispetto ad una visione piana a cui i bambini erano ancora legati». La propedeutica è stata predisposta perché il passaggio su Tinkercad modificava nettamente il livello di complessità dell'esperienza. Si è ragionato dapprima sulla forma che si voleva dare alla torta e poi sulla sovrapposizione dei vari piani sulla LIM. Lavorando sulla torta cambiava la prospettiva: quello che vedevano sul foglio non era quello che veniva stampato. «Il piano di lavoro era come il loro foglio mettendo in atto capacità astrattive che hanno potenziato le capacità visuo-spaziali dei bambini. I bambini cambiano anche i posti per comprendere le varie prospettive».



**Figura 7.** La propedeutica per la comprensione del concetto di sovrapposizione

Nella progettazione del giocattolo è emersa una gratificazione nel disegno con Doodle3D perché rispettoso di quello che si ha veramente in mente, superando anche abilità specifiche del disegno a favore di un linguaggio espressivo in grado di valorizzare anche i meno talentuosi sul disegno e facilitare la comprensione di concetti di spessore, altezza, innescando processi di continuo miglioramento sul prodotto finale. Le narrazioni hanno favorito nei ricercatori alcune comprensioni rispetto alle future linee di ricerca e hanno anche soffermato l'attenzione su alcune esperienze emerse e verbalizzazioni fatte dalle docenti in merito alle competenze visuo-spaziali, all'inclusione, alla relazione con il coding per le quali era possibile e necessario beneficiare di un ulteriore approfondimento stavolta su base critica e collaborativa.

### 4.3 Analisi video su temi selezionati

Una volta relazionato circa il proprio operato durante il secondo anno della ricerca, la maestre sono state coinvolte in un'attività di Video Club, ossia un dibattito sui contenuti di alcuni video selezionati, in base alle posizioni discordanti e investigative emerse rispetto alla propedeutica per lo sviluppo delle abilità geometriche e visuo-spaziali, richiamate dall'attività con la stampante 3D, e per la dimensione inclusiva della didattica.

Primo video: **Geometria e abilità visuo-spaziali**

La proiezione di un video dedicato al riconoscimento delle forme geometriche ha voluto suscitare il dibattito circa la possibile ricaduta che l'utilizzo della stampante 3D ha sullo sviluppo del pensiero geometrico e della abilità visuo-spaziali nei bambini di 5 anni.

Partendo dal presupposto che le *Indicazioni Nazionali per il Curricolo della Scuola dell'Infanzia* non richiedono esplicitamente lo sviluppo di queste abilità, un punto di accordo tra tutte le maestre partecipanti al Video Club Meeting è stato il valore della stampante 3D nel promuovere le suddette abilità, anche in bambini così piccoli, «favorendo l'interiorizzazione del pensiero astratto». Una polarizzazione del gruppo viene rilevata rispetto al valore delle attività propedeutiche nello sviluppo di tali capacità. Tra il gruppo di docenti sostenitori della necessità della propedeutica si rilevano frasi del tipo: «Come fa un bambino a disegnare un solido con Tinkercad se prima non ha acquisito tale concetto con un'attività propedeutica?»; «La propedeutica è necessaria a far sì che le attività con la stampante si iscrivano in un orizzonte di senso per il bambino». Ma d'altra parte un piccolo gruppo di maestre, forse anche per un marcato desiderio di comprendere il valore della nuova tecnologia, svincolandola da variabili che potrebbero condizionarne il reale effetto, hanno sostenuto che: «senza propedeutica nell'attività alla LIM il bambino è maggiormente concentrato sulla realizzazione dell'oggetto desiderato, impara facendo, però non sarà mai in grado di disegnare sul foglio una figura solida come i bimbi del video o riconoscerla al tatto con gli occhi bendati»; «con la propedeutica è più semplice utilizzare i software alla LIM, ma non si comprende qual è il valore aggiunto della stampante, senza, invece, si procede mag-

giornamente per tentativi ed errori».

L'analisi quindi sottolinea la necessità di investigare lo sviluppo delle abilità geometriche e visuo-spaziali rivedendo (limitando e omologando) l'attività propedeutica, al fine di valutare la portata della stampante 3D in modo più oggettivo rispetto ad attività che potrebbero essere ritenute similari e sostitutive.

Secondo video: **Dimensione inclusiva**

Con un'ulteriore sequenza video opportunamente selezionata, il gruppo di lavoro ha voluto stimolare la discussione sulla dimensione inclusiva attribuita alla stampante 3D. Vi è stato un unanime consenso in merito alle opportunità di collaborazione tra i bambini insite nelle attività proposte. Inoltre, secondo le maestre presenti alla sessione del Video Club, le tecnologie per la didattica hanno la capacità di agevolare e facilitare i processi di apprendimento, oltreché la socializzazione di BES, DSA e alunni diversamente abili. Partendo da questo sguardo, rispetto alla tematica, è stato possibile analizzare il video in cui un bambino affetto da autismo viene ripreso mentre partecipa attivamente ai compiti proposti nella sperimentazione della stampante 3D per la Scuola dell'Infanzia. Il video, che ha dato vita alle considerazioni delle maestre, proponeva il bambino speciale mentre disegnavo, con una precisione superiore alla media dei compagni della sua età, un personaggio che, pur non essendo contemplato dai compiti prescritti da Indire per la sperimentazione, è stato però inserito volontariamente dal bambino nel plastico della storia che fungeva da sfondo integratore dell'attività. Il bimbo, che ha aspettato pazientemente la stampa in 3D del suo giocattolo disegnato sul tablet, ha trovato, secondo le docenti, nella soddisfazione di vedere prodotto il suo disegno, la motivazione e la spinta per partecipare all'attività propedeutica di preparazione all'utilizzo della tecnologia, consistente nella produzione del prodotto finale prima con disegno su foglio e poi con materiali come carta, das, pasta di sale, ecc., di comune utilizzo nella Scuola dell'Infanzia. In questo caso la tecnologia ha funto anche da strumento di svelamento di una eccellenza personale.

Corale è stato l'assenso delle maestre coinvolte nell'attività di Video Club circa la capacità che tale sussidio ha avuto di includere i bimbi con difficoltà.

Inoltre, richiamando gli interventi e i pareri di tutti i docenti coinvolti nella sperimentazione, è stato possibile far emergere ulteriori casi e riflessioni: «Nella mia classe c'è un bimbo iperattivo che all'inizio si è dimostrato disinteressato all'attività ma, quando ha assistito al processo di materializzazione - relativo alla possibilità di produrre il giocattolo disegnato - ha manifestato interesse massimo»; e ancora «abbiamo una bambina ipovedente, bravissima, che ha avuto difficoltà nell'inserire le ciliegine sulla torta... ma in seguito, ispezionando il piano, ha fatto la sua riflessione capendo che andava spostato e ingrandito per agevolare l'inserimento delle ciliegine»; e inoltre «un altro bimbo, con problemi caratteriali che lo portano a reagire in maniera forte agli insuccessi, si è dimostrato tra i più pazienti a osservare la stampante a lavoro». Infine la riflessione richiama anche l'inclusione di bambini stranieri. In tal caso una docente sottolinea come «anche per l'integrazione dei bambini stranieri abbiamo trovato nella stampante 3D un elemen-

to di aiuto; in verità la possibilità di poter comunicare in un linguaggio universale anche per i più timidi e insicuri ha funto da elemento facilitatore. Piace molto l'idea di poter sperimentare sulla LIM con la penna o col dito, soprattutto laddove c'è difficoltà a utilizzare la matita su carta». Emerge quindi un valore inclusivo che andrebbe approfondito dalla ricerca attraverso la ridefinizione degli strumenti di osservazione e di monitoraggio, così come attraverso l'introduzione di specifiche condizioni all'interno della predisposizione dei compiti e delle attività d'aula.

#### Terzo video: **Stampante 3D e pensiero computazionale**

Il terzo video ha voluto suscitare un dibattito sul legame della stampante 3D con il pensiero computazionale. Come visto nei precedenti paragrafi le restituzioni delle maestre avevano fatto emergere alcune correlazioni e integrazioni di coding nei compiti previsti per la stampante 3D. Il tema chiave introdotto nella fase di discussione e preparazione al Video Club ha destato quindi l'interesse da parte dei ricercatori nell'ambito "maker". A tale fine è stato scelto di proiettare un video di bimbi che, sia nella propedeutica sia nelle attività di lavoro con la stampante indicativamente ad uno specifico compito ("Il labirinto"), hanno utilizzato le frecce direzionali per la costruzione di un percorso che permetteva loro di raggiungere la casa dell'orco.

Il dibattito tra le docenti ha da un lato intravisto un accordo nella scelta di legare il labirinto ai concetti di coding e, dall'altro, ha avuto un respiro più ampio che ha permesso di richiamare il pensiero computazionale, o meglio il pensiero logico e creativo, come elemento base del TMI e la "cultura del progetto" che porta il bambino a modellare, disegnare, realizzare gli artefatti legati ad uno specifico compito. Dal dibattito emerge che, nonostante una mancanza di conoscenze specifiche connesse al significato del concetto di pensiero computazionale e del suo legame con la didattica e con la didattica per progetti, in modo del tutto intuitivo e ingenuo i docenti hanno sostenuto processi propri del computational thinking all'interno dell'esperienza con la stampante 3D. La riflessione sul legame della stampante 3D con lo sviluppo di pensiero logico e computazionale potrebbe essere approfondita per l'opportunità di motivare maggiormente i bambini nello studio di materie scientifiche e dell'informatica.

La maggiore consapevolezza dei docenti sul loro agire permetterà di fare del Video Club il luogo di validazione e proposta didattica e, al contempo, consentirà ai ricercatori di stabilizzare procedure di analisi dei video per migliorare l'interpretazione delle situazioni didattiche arricchite dall'introduzione della stampante 3D in classe. Possiamo in sintesi affermare che le restituzioni raccolte dai docenti confermano la fattibilità e la realizzazione dei compiti assegnati, evidenziando un ampio ventaglio di possibili sviluppi.

## 4.4 L'accoglienza della stampante 3D. Intervista ai docenti

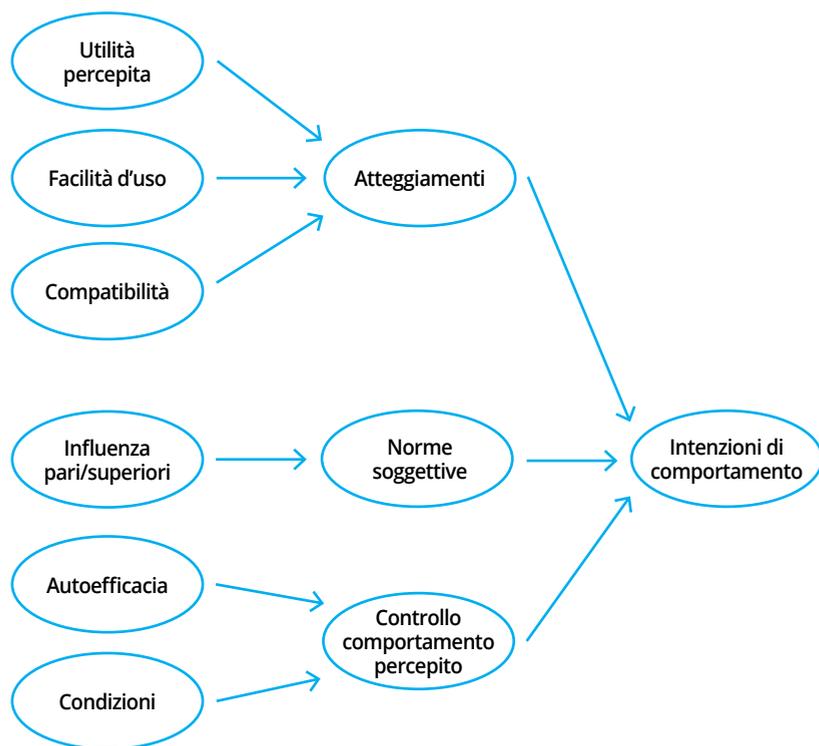
L'inserimento di una nuova tecnologia in un contesto scolastico deve necessariamente prendere in considerazione l'accettazione della stessa da parte del corpo docenti. Questo perché qualunque innovazione calata dall'alto è destinata, se non a fallire, a ridurre fortemente le proprie possibilità di successo e di integrazione nella didattica.

Al fine di comprendere l'accettazione e la successiva adozione delle stampanti 3D da parte delle docenti delle Scuole dell'Infanzia coinvolte nel Progetto, sono stati esaminati i principali modelli di accettazione delle tecnologie, considerando quest'ultima in relazione ai fattori psicologici sottostanti ai comportamenti di utilizzo e successivamente di adozione (Rogers, 1962). Le teorie presenti in letteratura considerate sono molteplici: abbiamo deciso di rifarci alla Decomposed Theory of Planned Behaviour (DTPB) poiché tale approccio considera una molteplicità di aspetti. La DTPB (Decomposed Theory of Planned Behaviour) riprende e amplia i contenuti della TRA (Theory of Reasoned Action) e della TPB (Theory of Planned Behavior).

Alla TRA va l'indiscusso merito di aver evidenziato come l'intenzione di comportamento e il comportamento corrispondente di un soggetto sono determinati dagli atteggiamenti verso uno specifico comportamento e dalle sue norme soggettive (Fishbein & Ajzen, 1975). I primi (cioè gli atteggiamenti) sono condizionati dalle credenze sulle conseguenze di un determinato comportamento, mentre le norme soggettive sono determinate dalle credenze inerenti le opinioni che le persone di riferimento hanno (ad esempio Dirigenti, colleghi e famiglie). In tale struttura la TPB (Theory of Planned Behavior) inserisce un altro elemento determinante: "il controllo del comportamentale percepito", ossia la percezione individuale della semplicità o della complessità di eseguire un determinato comportamento, che condiziona la nostra capacità di accettare il nuovo.

Tutti questi aspetti (cioè atteggiamenti, norme soggettive e controllo comportamentale percepito) vengono ripresi e ampliati dalla DTPB (Decomposed Theory of Planned Behaviour) che ne dettaglia ulteriori aspetti. Secondo tale visione la comprensione degli atteggiamenti trova spiegazione nella considerazione dell'utilità percepita, della facilità d'uso e dalla compatibilità. L'influenza dei pari e l'influenza dei superiori, spiegano invece le norme soggettive, mentre infine il senso di autoefficacia e le condizioni facilitanti danno ragione del comportamento percepito. Date le molteplici interazioni «il comportamento d'uso e le norme a esso soggiacenti possono essere compresi e indagati considerando le interazioni tra tutti i suddetti elementi» (Messina et al., 2015, p68).

Certi che l'accettazione di una tecnologia complessa e innovativa come la stampante 3D all'interno della Scuola dell'Infanzia debba necessariamente coinvolgere un ampio numero di elementi tra loro interconnessi, sulla base della Decomposed Theory of Planned Behaviour



**Grafico 1.** Schematizzazione della teoria del comportamento pianificato (DTPB)

sono stati ideati i quesiti di rilevazione presenti nelle interviste finalizzate a indagare l'accettazione delle tecnologie da parte delle insegnanti delle Scuole dell'Infanzia coinvolte nel progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D*.

#### 4.4.1 Metodologia di investigazione

Al fine di indagare l'accettazione delle tecnologie da parte delle insegnanti aderenti al progetto di ricerca è stato deciso, come abbiamo già esplicitato nella definizione degli strumenti, di pianificare una serie di interviste semi-strutturate "uno a uno", con due insegnanti per ogni scuola coinvolta estratte casualmente, per un totale di sedici insegnanti (a eccezione della scuola di Torino in cui partecipano solo due insegnanti).

Le docenti sono state avvisate della volontà di realizzare tale intervista tramite e-mail e sms pochi giorni prima dell'intervista stessa, senza fornire informazioni dettagliate sull'oggetto di nostro interesse. Tale strategia di "reclutamento" è stata scelta per evitare di ottenere risposte preconfezionate e calibrate; la spontaneità è stato infatti un aspetto per noi importante

nella raccolta delle informazioni.

Nella stesura della scaletta sono state utilizzate sia domande dirette che indirette (anche non riferite al soggetto) riprendendo, come ambiti di indagine, gli elementi individuati dalla Decomposed Theory of Planned Behaviour.

Ambiti di indagine ( <b>Elementi del DTPB</b> )		<b>Contenuti delle Domande</b>	
Comportamento d'uso e le intenzioni soggiacenti	Atteggiamenti	Utilità percepita	Aspettative immediate relative alla Stampante 3D Possibilità di coinvolgere tutta la classe
		Facilità d'uso	Gli aspetti considerati maggiormente difficili e quelli che più facili nell'utilizzare la stampante 3D nella scuola dell'infanzia
		Compatibilità	Compatibilità della stampante 3D con l'organizzazione degli spazi
	Norme soggettive	Influenza dei pari e influenza dei superiori	Accoglienza da parte dei colleghi e dai genitori dell'attività didattica con la stampante 3D
	Controllo del comportamento	Auto-efficacia	Gli ambiti di maggiori preoccupazioni per le docenti. Gli ambiti in cui le insegnanti si sentivano maggiormente sicure delle loro competenze
		Condizioni facilitanti	Come l'attività è stata inserita nella didattica.

**Tabella 1.** Elementi del modello DTPB e relative domande poste durante le interviste

Le insegnanti si sono dimostrate disponibili ed entusiaste di partecipare all'attività di ricerca, fornendo un proprio contributo così come avevano fatto nella definizione dei compiti e più in generale nell'evoluzione della stessa.

#### 4.4.2 Le interviste alle docenti

La sezione Atteggiamenti è la prima che è stata considerata; il campione intervistato ha espresso aspettative positive rispetto all'utilità dello strumento, dettate non tanto dalla conoscenza delle potenzialità della stampante 3D, in alcuni casi non ne avevano mai vista una, quanto dalla considerazione dell'ente di ricerca che ha proposto l'iniziativa e dall'immediato entusiasmo dimostrato dai bambini. Più di un insegnante si è detta "onorata" di poter partecipare ad un'iniziativa tanto innovativa, che le avrebbe consentito di partecipare attivamente all'evoluzione e allo sviluppo della Scuola dell'Infanzia, evidenziando tra l'altro come anche per i bambini più piccoli sia importante l'accostarsi e il lavorare con le nuove tecnologie. Le maggiori difficoltà riscontrate dalle docenti sono state segnalate come appartenenti alla sfera tecnica soprattutto in relazione alle sovrastrutture della scuola (in primis la carenza di connessione Internet adeguata).

ta); solo in un caso è stato registrato il cattivo funzionamento della stampante, aspetto per altro risolto in tempi brevi. L'impossibilità di interagire a livello privato con tale tecnologia ha rappresentato per alcune un primo elemento di perplessità, in quanto - come hanno affermato - molte delle conoscenze acquisite in campo tecnologico appartengono alla sfera "dell'autoformazione", provando e riprovando a casa e facendosi aiutare da amici e parenti e ciò non poteva avvenire con la stampante 3D, sia perché era presente solo a scuola sia perché implica competenze di utilizzazione di limitata diffusione. L'efficacia del supporto tecnico offerto è stato unanimemente riconosciuto dalle insegnanti e ciò ha rappresentato un'importante rassicurazione. Per quanto concerne la compatibilità della stampante 3D con gli spazi, e le norme di sicurezza della Scuola dell'Infanzia, non è stata rilevata nessuna difficoltà sebbene siano state individuate soluzioni (connesse al collocamento) differenti. Sia nel caso in cui la stampante è stata lasciata all'interno della sezione sia nelle realtà in cui è stata portata nei luoghi preposti solo in occasione dell'attività, i bambini sono stati in grado di seguire le norme di utilizzo dettate dalle insegnanti. Tale aspetto era stato invece una fonte di preoccupazione dei ricercatori durante la fase di individuazione delle stampanti maggiormente funzionali al contesto (ad esempio in relazione al filo caldo, alla trasparenza dello sportellino e così via). Anche per quanto riguarda la realizzabilità delle attività, la presenza costante della stampante nella sezione o l'inserimento sporadico della stessa non ha condotto a differenze rilevanti nella riuscita delle proposte didattiche. Per quanto riguarda l'area delle norme soggettive lo strumento è stato in parte ben accettato dai colleghi, come mezzo di innovazione didattica (e non di rado intravedendo una certa pubblicità per la scuola), sebbene con qualche perplessità perché considerato uno strumento lento rispetto allo svolgimento delle attività quotidiane e potenzialmente di impaccio.

Le famiglie invece hanno accolto con entusiasmo e stupore le innovazioni intravedendovi un importante cambiamento dell'offerta formativa. In tutte le scuole coinvolte le maestre hanno avuto cura di predisporre momenti di restituzione in cui alle famiglie sono stati fatti vedere i materiali di documentazione (i video girati e le foto) e i compiti proposti. I genitori hanno in più occasioni richiesto informazioni su come i propri figli avevano familiarizzato con la nuova tecnologia. Senza dubbio però i racconti entusiasti dei bambini ai loro genitori hanno funto da canali di comunicazione maggiormente efficaci (in alcuni casi i familiari hanno chiesto alle insegnanti conto sulla veridicità di quanto raccontato dai figli).

Il senso di autoefficacia dei docenti è risultato fortemente corroborato dall'utilizzo della stampante 3D, in relazione alla percezione che le maestre coinvolte hanno avuto della capacità del "potercela fare" nonostante le difficoltà tecniche incontrate e l'impossibilità di confrontarsi con esperienze pregresse. In un caso le insegnanti sono state coinvolte nella docenza di alcuni corsi di formazione interni indirizzati ai colleghi della Scuola Primaria e della Scuola Secondaria. Ciò evidenzia in primo luogo una certa sicurezza nelle proprie capacità di utilizzo del mezzo per ciò che concerne la trasversalità di utilizzo della stampante 3D nei diversi livelli scolastici.

Sulla base delle interviste ma anche in relazione alle attività osservate in classe (sottolineiamo

questo aspetto in quanto la padronanza dichiarata può non corrispondere ad un reale utilizzo) (Cavalli & Argentin, 2010), possiamo affermare che le insegnanti hanno evidenziato una buona padronanza nell'utilizzo della nuova tecnologia, su cui non avevano esperienze esterne al contesto scolastico. I livelli di padronanza tra le docenti sono evidentemente differenti ma tutte sono riuscite a portare a termine, senza eccessive difficoltà, i compiti assegnati. L'atteggiamento positivo ed entusiasta ha sicuramente giocato un ruolo fondamentale nello sviluppo delle abilità di utilizzo, così come il senso di autoefficacia: le insegnanti erano convinte circa le proprie capacità di organizzare ed eseguire le sequenze di azioni necessarie per produrre determinati risultati. Senza dubbio la consapevolezza di poter contare su un supporto tecnico esterno ha ridotto gli stati d'ansia che talvolta accompagnano le docenti nell'accogliere le nuove tecnologie a scuola. L'alto senso di autoefficacia è testimoniato anche dall'apertura a nuove idee di sviluppo nell'utilizzo della stampante 3D (evidenziate anche durante le analisi dei video come sopra esplicitato). Il rinforzo e il supporto da parte dei Dirigenti e dei genitori ha inoltre rappresentato un valido elemento di conferma della bontà del proprio operato.

Un aspetto interessante può infine essere evidenziato in merito alle credenze. Secondo Tondeur (2008), se i docenti attribuiscono valore ad un dispositivo sono più propensi a inserirlo fattivamente nelle pratiche d'aula. In questo caso un elemento importante è stato giocato dalla proposta di attività didattiche consuete, a livello contenutistico per le insegnanti della Scuola dell'Infanzia, a cui la stampante ha dato un valore aggiunto. Non vi è stato quindi uno stravolgimento contenutistico del proprio operato, quanto piuttosto l'opportunità di uno strumento di arricchimento (e semplificazione) dello stesso. La volontà di aderire per il terzo anno consecutivo alla sperimentazione rappresenta infine l'ultimo tassello che dà prova di come la stampante 3D possa trovare accoglienza nelle proposte didattiche della Scuola dell'Infanzia.

## 4.5 Considerazioni finali

In un'ottica di innovazione del curriculum dell'infanzia, l'analisi del narrato dei docenti, il primo Video Club e l'analisi dell'accoglienza della stampante 3D possono essere ritenuti momenti qualitativi importanti per il rinnovato coinvolgimento dei docenti. Riteniamo che il modo in cui i maestri si confrontano e guardano i video clip, o riflettono sulle condizioni di adozione, fa sì che essi si riconoscano in un ruolo di innovatori, influenzando l'analisi dei ricercatori e la ridefinizione delle strutture della sperimentazione. Per tale ragione consideriamo questa prima fase di valutazione della fattibilità uno step centrale per le successive fasi di sviluppo della ricerca e per l'effettiva introduzione della stampante 3D nella Scuola dell'Infanzia.



# Scheda A.

## Riflessioni sulla stampante 3D e le Indicazioni Nazionali

*Maeca Garzia*

Nell'ambito dell'attività di Video Club (cfr. capitolo 4) è stato possibile avviare una prima riflessione sulle modalità attraverso le quali la stampante 3D è stata inserita all'interno del percorso didattico. Ogni docente ha potuto relazionare circa le reazioni dei piccoli, le difficoltà incontrate e il valore aggiunto della tecnologia in questione rispetto allo sviluppo delle competenze.

Un primo elemento su cui vi è stato un generale accordo con le docenti è l'utilità della stampante 3D nel perseguire gli obiettivi dettagliati nei campi di esperienza per la Scuola dell'Infanzia.

Il concetto di **campo di esperienza** è stato introdotto dagli Orientamenti del 1991 per delineare settori specifici di competenza da acquisire nella fascia d'età che va dai tre ai sei anni. Il termine "campo" ricorda la teoria del campo di Kurt Lewin che lo definì come «la totalità di fatti coesistenti che sono concepiti come mutualmente interdipendenti» (Lewin, 1951).

Dal 1991 al 2012 i nomi dei diversi campi e il loro numero è cambiato varie volte, come da tabella.

Orientamenti '91	Indicazioni 2004	Indicazioni 2007	Indicazioni 2012
Il corpo e il movimento	Il sé e l'altro	Il sé e l'altro	Il sé e l'altro
I discorsi e le parole	Corpo movimento e salute	Il corpo in movimento	Il corpo e il movimento
Lo spazio, l'ordine e la misura	Fruizione e produzione di messaggi	Linguaggi, creatività espressione	Immagini, suoni, colori
Le cose il tempo e la natura	Esplorare conoscere e progettare	I discorsi e le parole	I discorsi e le parole
I messaggi, le forme e i media		La conoscenza del mondo	La conoscenza del mondo
Il sé e l'altro			

Tabella 1 Evoluzione della definizione dei Campi di Esperienza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Scuola dell'Infanzia - i campi di esperienza: cosa è cambiato? In "Professionisti Scuola Network". Disponibile in: <https://www.professionistiscuola.it/didattica/didattica-primaria-infanzia/2116-campi-di-esperienza.html>

Se nelle Indicazioni per il Curricolo per la Scuola dell'Infanzia e per il Primo Ciclo d'Istruzione del 2007, i campi di esperienza sono «luoghi del fare e dell'agire del bambino orientati dall'azione consapevole degli insegnanti e introducono ai sistemi simbolico-culturali», nelle Indicazioni Nazionali per il Curricolo della Scuola dell'Infanzia e del Primo Ciclo d'Istruzione del 2012, diventano «un insieme di oggetti, situazioni, immagini e linguaggi, riferiti ai sistemi simbolici della nostra cultura, capaci di evocare, stimolare, accompagnare apprendimenti progressivamente più sicuri». Attraverso tale cambiamento di prospettiva la tecnologia trova un nuovo ruolo e valore dato lo spazio che questi stessi strumenti assumono anche nella quotidianità dei più piccoli.

Oggi possiamo considerare un campo di esperienza come il vissuto del bambino nelle sue manifestazioni comportamentali, comunicative, relazionali, il suo modo di approcciare le situazioni, ma al tempo stesso anche come il vissuto dell'insegnante e come il contesto entro cui le esperienze si svolgono. Il campo è un concetto dinamico in cui le parti coinvolte (bambino, docente e contesto) si trasformano reciprocamente, si arricchiscono, si evolvono.

Così come le discipline anche i campi di esperienza non possono essere isolati, sganciati l'uno dall'altro; si deve quindi tener presente che ogni volta che si progetta un'attività, che deriva necessariamente dai bisogni dei bambini e dalle loro potenzialità, può verificarsi che un campo sia predominante e qualche altro trasversale, in virtù del fatto che ciò che ci circonda è un insieme dinamico di elementi interagenti.

Al fine di evidenziare l'ampio ruolo che la stampante 3D può assumere nella scuola dell'Infanzia, presentiamo una sintesi di quanto emerso dal dibattito animato dall'attività di Video Club. All'interno del **Campo dell'esperienza Immagini, Suoni, Colori**, le attività con la stampante 3D agevolerebbero secondo le docenti della Scuola dell'Infanzia coinvolte nella sperimentazione il perseguimento dei seguenti traguardi per lo sviluppo delle seguenti competenze.

- «Il bambino gioca in modo costruttivo e creativo con gli altri, sa argomentare, confrontarsi, sostenere le proprie ragioni con adulti e bambini» (Indicazioni Nazionali, 2012).
- «Inventa storie e sa esprimerle attraverso la drammatizzazione, il disegno, la pittura e altre attività manipolative; utilizza materiali e strumenti, tecniche espressive e creative; esplora le potenzialità offerte dalle tecnologie» (ibidem).

All'interno del **Campo dell'esperienza I Discorsi e le Parole**, le attività con la stampante 3D agevolerebbero il perseguimento dei seguenti traguardi per lo sviluppo delle seguenti competenze.

- Il bambino «sa esprimere e comunicare agli altri emozioni, sentimenti, argomentazioni attraverso il linguaggio verbale che utilizza in differenti situazioni comunicative» (ibidem).
- «Ascolta e comprende narrazioni, racconta e inventa storie, chiede e offre spiegazioni, usa il linguaggio per progettare attività e per definirne regole» (ibidem).
- All'interno del **Campo dell'esperienza La Conoscenza del Mondo**, le attività con la

stampante 3D agevolerebbero il perseguimento dei seguenti traguardi per lo sviluppo delle seguenti competenze.

- «Il bambino raggruppa e ordina oggetti e materiali secondo criteri diversi, ne identifica alcune proprietà, confronta e valuta quantità; utilizza simboli per registrarle; esegue misurazioni usando strumenti alla sua portata» (ibidem).
- «Si interessa a macchine e strumenti tecnologici, sa scoprirne le funzioni e i possibili usi». «Ha familiarità sia con le strategie del contare e dell'operare con i numeri sia con quelle necessarie per eseguire le prime misurazioni di lunghezze, pesi, e altre quantità» (ibidem).
- «Individua le posizioni di oggetti e persone nello spazio, usando termini come avanti/dietro, sopra/ sotto, destra/sinistra, ecc.; segue correttamente un percorso sulla base di indicazioni verbali» (ibidem).
- All'interno del **Campo dell'esperienza Il sè e l'altro**, le attività con la stampante 3D agevolerebbero il perseguimento dei seguenti traguardi per lo sviluppo delle seguenti competenze.
  - «Il bambino gioca in modo costruttivo e creativo con gli altri, sa argomentare, confrontarsi, sostenere le proprie ragioni con adulti e bambini» (ibidem).
  - «Riflette, si confronta, discute con gli adulti e con gli altri bambini e comincia a riconoscere la reciprocità di attenzione tra chi parla e chi ascolta» (ibidem).
  - «Si orienta nelle prime generalizzazioni di passato, presente, futuro e si muove con crescente sicurezza e autonomia negli spazi che gli sono familiari, modulando progressivamente voce e movimento anche in rapporto con gli altri e con le regole condivise» (ibidem).
- All'interno del **Campo dell'esperienza Il Corpo e il Movimento**, le attività con la stampante 3D agevolerebbero il perseguimento dei seguenti traguardi per lo sviluppo delle seguenti competenze.
  - Il bambino «prova piacere nel movimento e sperimenta schemi posturali e motori, li applica nei giochi individuali e di gruppo, anche con l'uso di piccoli attrezzi ed è in grado di adattarli alle situazioni ambientali all'interno della scuola e all'aperto» (ibidem).
  - «Controlla l'esecuzione del gesto, valuta il rischio, interagisce con gli altri nei giochi di movimento, nella musica, nella danza, nella comunicazione espressiva» (ibidem).

In sintesi, da quanto emerso da questa prima discussione, abbiamo potuto comprendere che l'utilizzo della stampante 3D, secondo le docenti, ha uno dei suoi valori aggiunti nella possibilità di perseguire in maniera più puntuale e precisa gli obiettivi di apprendimento relativi all'acquisizione dei concetti topologici, alla coordinazione oculo-manuale, alla motricità fine e alla lateralità. Naturalmente questa breve scheda intende unicamente dar conto delle opinioni e prospettive delle maestre che hanno partecipato alla sperimentazione, al fine di evidenziare le potenzialità dell'utilizzo della stampante 3D in una più ampia prospettiva curricolare.



# Scheda B – Attività didattiche incentrate sul “Think-Make-Improve”: il modello Canadese

**Andrea Benassi**

In questa scheda si dà cenno di un approccio alla didattica TMI ispirato dal *Ministry of Education and Training* dello stato canadese dell'Ontario - esplicitato nel documento *The Ontario Curriculum Grades 1-8: Science and Technology, 2007* - che è alle origini del modello sviluppato nel corso del presente volume.

Nel definire gli obiettivi curriculari di Scienza e Tecnologia, la prospettiva canadese fornisce infatti delle linee guida rivolte ai docenti per lo sviluppo di adeguati strumenti e prove di valutazione. Nello specifico, oggetto di valutazione è la capacità, per un bambino di 5-7 anni, di gestire un processo “Think-Make-Improve” orientato a *situazione-problema* (Meirieu, 1988; Astolfi, 1993) nella quale il bambino è chiamato a *formulare* il problema e a proporre ipotesi risolutive, argomentando le proprie scelte.

Questo approccio ha ispirato i metodi applicati nelle attività didattiche descritte nel presente volume, e prevedeva in origine sei fasi che vanno a costituendo l'*ossatura* dell'impianto valutativo.

Queste fasi sono:

1. formulare il problema;
2. ipotizzare possibili soluzioni attraverso disegni e schizzi;
3. scegliere tra queste soluzioni quella considerata migliore;
4. realizzare l'oggetto corrispondente alla soluzione adottata;
5. analizzare e testare l'oggetto prodotto per decidere i miglioramenti da apportare;
6. disegnare una nuova soluzione che incorpori i miglioramenti da apportare.

Si noti come queste sei fasi non siano strettamente legate né alle particolarità dell'oggetto da produrre né al contesto disciplinare nel quale l'attività si inserisce; si tratta piuttosto di momenti trasversali ad ogni attività didattica basata sul Think-Make-Improve.

Andiamo a esaminare in dettaglio questi passaggi chiave.

## **1. Formulare il problema**

Prima di tutto, è importante verificare nel bambino la comprensione dei concetti base sottesi all'oggetto da realizzare. Se, ad esempio, il bambino si appresta a realizzare il modellino di un veicolo su ruote è importante che sappia già cos'è e a cosa serve un veicolo e quale sia la

dinamica dello spostamento su ruote. Il compito deve essere qui impostato come una *situazione-problema*. È quindi fondamentale che il bambino sia in grado di *formulare* il problema, prima di passare a elaborare possibili soluzioni. La comprensione dei concetti base e la capacità di riconoscere e formulare il quesito sotteso al compito può essere rilevata dal docente tramite domande inerenti le caratteristiche del problema da risolvere rispetto al particolare contesto nel quale la situazione problematica è inserita.

## 2. Ipotizzare possibili soluzioni attraverso disegni e schizzi

Una volta identificato/analizzato il problema, al bambino viene chiesto di identificare possibili soluzioni; soluzioni che dovranno comunque implicare la produzione di uno o più oggetti. È importante che il bambino individui ed espliciti le soluzioni **prima** di avviare la realizzazione dell'oggetto, e **non in corso d'opera**. Le soluzioni saranno esplicitate attraverso disegni e schizzi, accompagnati da descrizioni verbali. Si parla qui di "soluzioni" al plurale e non di "soluzione", perché raramente esiste un'unica soluzione ad una particolare situazione-problema. Compito del progettista è piuttosto l'individuazione di *alcune* possibili soluzioni, da mettere poi a confronto per scegliere la migliore.

Per poter ipotizzare soluzioni progettuali valide, non basta aver chiaro qual è il *problema*: occorre anche avere cognizione del particolare processo di produzione utilizzato. È il processo di produzione, infatti, che in buona parte determina quali siano le soluzioni possibili e quali quelle migliori. Pensando ad esempio al processo di produzione tramite la stampa 3D, è importante che il bambino abbia chiaro fin dal subito - almeno in linea di principio - quali siano le forme stampabili *in un solo processo di stampa* e quali richiedano invece di essere scomposte in più parti per poi essere stampate singolarmente in momenti successivi per poi ricomporle insieme. Anche il *software* con il quale si progetta l'oggetto da stampare determina quali elementi sia possibile realizzare e quali no, e in che modo (ad esempio, progettare un oggetto con Doodle 3D è molto diverso che farlo con Tinkercad, e profondamente diversi saranno i risultati ottenibili).

La padronanza del processo di produzione è qualcosa che il bambino acquisirà anche in corso d'opera durante il processo ricorsivo "Think-Make-Improve", ma è comunque necessaria una certa competenza in ingresso - acquisita in precedenti attività didattiche o tramite esercizi e attività propedeutiche - perché il bambino possa riuscire a definire ed esplicitare soluzioni possibili e *realizzabili*.

## 3. Scegliere tra queste soluzioni quella considerata migliore

Una volta individuate ed esplicitate possibili soluzioni alla situazione-problema, al bambino viene chiesto di confrontarle allo scopo di eleggere la soluzione migliore, e di argomentare verbalmente il perché di questa scelta. La soluzione migliore costituirà poi una sorta di *piano di*

*attuazione*, nel quale il bambino esplicherà, tramite schizzi e disegni, i passaggi necessari alla realizzazione. In un secondo momento, sarà importante verificare quanto l'oggetto prodotto dal bambino rispecchi il precedente piano di attuazione, ovvero quanto *l'agito* sia aderente al *dichiarato*. Il piano di attuazione prodotto dal bambino servirà quindi per effettuare un confronto con l'oggetto una volta prodotto, per verificare quanto quest'ultimo sia il prodotto del piano e non di una azione casuale o improvvisata.

#### **4. Realizzare l'oggetto corrispondente alla soluzione adottata**

È questa la fase nella quale il bambino, auspicabilmente attenendosi al piano di attuazione, avvia la fase realizzativa. Come già detto in precedenza, ai fini della valutazione l'elemento più importante non è tanto la qualità dell'oggetto prodotto in sé ma il confronto tra *dichiarato* e *agito*, ovvero quanto l'oggetto prodotto rispetta il piano di attuazione.

#### **5. Analizzare e testare l'oggetto prodotto per decidere i miglioramenti da apportare**

A questo punto, al bambino verrà chiesto di riflettere se, secondo lui, l'oggetto realizzato assolve - e in quale misura - allo scopo per il quale è stato progettato; vale a dire se l'oggetto sia una soluzione efficace al problema formulato in partenza. Questa riflessione avverrà tramite l'osservazione e il *test* dell'oggetto. Sarà soprattutto quest'ultimo che fornirà elementi al bambino sulla effettiva qualità della soluzione prodotta.

È molto probabile che, al primo tentativo, le cose non vadano come previsto, e cioè che l'oggetto realizzato sia in qualche misura distante dal risultato atteso/sperato. Si tratterà quindi di capire se la soluzione scelta e il relativo piano di attuazione siano totalmente sbagliati - nel qual caso si dovrà quindi ricominciare da capo - o se si possa invece apportare dei miglioramenti alla soluzione precedentemente scelta, per procedere quindi ad una nuova realizzazione sulla base di un nuovo piano di attuazione. In questa fase, è importante verificare che il bambino abbia individuato e sappia esplicitare i miglioramenti necessari a risolvere i problemi che si sono manifestati una volta prodotto l'oggetto.

#### **6. Disegnare una nuova soluzione che incorpori i miglioramenti da apportare**

Individuati i miglioramenti da apportare, il bambino appronterà un nuovo *piano di attuazione* che sia migliorativo rispetto al precedente, e cioè teso a risolvere le criticità emerse nella prima realizzazione.

Il nuovo piano di attuazione porterà poi ad una nuova produzione dell'oggetto corrispondente alla soluzione adottata.

A questo punto sarà importante verificare che il piano di miglioramento tenga in sufficiente considerazione quelle che sono le criticità emerse rispetto al precedente piano di attuazione. Il

nuovo piano di attuazione potrebbe, ad esempio non migliorare abbastanza la soluzione rispetto al necessario, o potrebbe non descrivere sufficientemente quali siano le modifiche introdotte per migliorare l'oggetto. Così come già per il piano di attuazione iniziale, sarà poi importante andare a confrontare la nuova realizzazione con quanto descritto nel nuovo piano di attuazione, sempre nell'ottica di un confronto tra un *dichiarato* ed un *agito*.

Da questo approccio, e dal suo forte orientamento verso una modalità di progettazione ricorsiva aderente alla *filosofia* del Think-Make-Improve ha preso spunto - per poi evolversi e adattarsi alla realtà italiana e alle peculiarità della Scuola dell'Infanzia - il lavoro del presente volume.

# 5

## Applicazione della stampante 3D in classe

**Lorenzo Guasti, Jessica Niewint-Gori**

*In questo capitolo approfondiamo tutti gli aspetti legati all'applicazione dei compiti in classe. Presentiamo il concetto del ciclo Think-Make-Improve nella pratica, spiegando come questo metodo è stato inserito all'interno di ogni singola attività. Vi illustreremo la storia che ha costituito lo sfondo integratore nel percorso didattico relativo alla ricerca oggetto di questo libro e vi saranno fornite le spiegazioni pratiche relativamente a come eseguire i compiti in classe.*

### 5.1 Il ciclo TMI nella didattica

Come è stato accennato nei capitoli precedenti, le attività didattiche ideate per il percorso di ricerca di cui questo testo dà conto si basano sul ciclo di design "*Think-Make-Improve*", attraverso cui si accresce la consapevolezza che studiando, provando e sbagliando si può arrivare al risultato voluto. Il ciclo di design serve per realizzare un prodotto a partire da una situazione problema. L'utilità del ciclo risiede nella consapevolezza che in qualunque prodotto finito (sia questo un oggetto o un codice) possono esserci sempre spazi di miglioramento, ripartendo dal progetto. A livello didattico la progettazione e la creazione di oggetti con la stampante 3D rappresentano un pretesto per mettere in atto processi di analisi e riflessione utili al potenziamento cognitivo descritto nel secondo capitolo del presente testo.

Il ciclo "*Think-Make-Improve*" si compone di tre fasi:

- **Think:** è la fase di problem setting e riguarda tutti gli aspetti di organizzazione per l'avvio

dell'attività. Nel caso dei compiti per la stampante 3D (che vedremo approfonditamente nella seconda parte di questo capitolo) gli studenti discutono di cosa realizzare tra loro e con il docente. Una breve fase di propedeutica in cui si familiarizza con gli oggetti da costruire e con le funzionalità di base che devono avere, può aiutare a verbalizzare il compito facendo emergere eventuali difficoltà lessicali. La fase "esplorativa" della situazione problema può essere realizzata anche attraverso il disegno e l'utilizzo di materiali differenti

- **Make:** è la fase in cui avvengono tutti i processi di creazione e di mediazione tra gli studenti sulle cose da realizzare effettivamente. Nel caso dei compiti per la stampante 3D è il momento dove si disegna il modello da stampare e si procede con la stampa. Rispetto ad altre attività manipolative tridimensionali come il lego, il DAS o il pongo, dove è possibile modificare in corso d'opera il progetto che si ha in mente l'attività con la stampante 3D implica un netto distacco tra la fase di realizzazione e quella di progettazione. L'oggetto ideato non può infatti essere manipolato durante il processo di creazione.
- **Improve:** è la verifica della funzionalità del modello, o della corrispondenza alle caratteristiche pensate nella fase "think", e realizzate nella fase "make". Nel caso dei compiti con la stampante 3D in questa fase vi è la verifica della funzionalità dell'artefatto realizzato e della soluzione ideata, qualora il gruppo non risulti soddisfatto il processo ricomincia da capo. In questo senso l'errore non è visto negativamente ma è un'occasione per progredire e migliorare.

La collaborazione e la condivisione della conoscenza avvengono in perfetta filosofia "open". Ad esempio copiare non vuol dire barare, anzi risponde ad una filosofia "open", favorendo il dialogo tra studenti e l'influenza reciproca, lasciando che i ragazzi copino, sbaglino e siano corretti dai loro compagni.

Le immagini seguenti, tratte dall'attività di ricerca, rappresentano, a nostro parere, dei chiari esempi relativi all'evoluzione delle soluzioni ideate dai bambini rispetto ai problemi proposti attraverso la storia che è servita da sfondo integratore.

La prima attività con cui i bimbi si sono confrontati è stata quella legata alla stampa dei personaggi attraverso l'uso di Doodle 3D. Molto spesso il risultato finale presentava forti dissonanze rispetto al modello e alle caratteristiche che ogni personaggio. La discordanza con la descrizione poteva riguardare la dimensione reciproca oppure il fatto che alcuni personaggi non presentavano alcuni dettagli caratteristici. In Fig. 1 vengono presentati i prodotti di un primo ciclo di



**Figura 1.** Personaggi realizzati prima del TMI



**Figura 2.** Personaggi realizzati dopo TMI

design. Si nota come ad esempio il modello del padre risulti essere sproporzionato rispetto a quello del cane. Il cane a sua volta si presenta come poco definito, privo di orecchie e coda. Nella fase "improve", il cui output è mostrato in Fig. 2, i bambini hanno confrontato i personaggi stampati e deciso insieme quali modifiche apportare.

Nelle fotografie che seguono invece è possibile apprezzare un personaggio che è stato stampato nel modo corretto. Si noti l'accuratezza del disegno e la corrispondenza tra il disegno sul tablet e l'oggetto stampato.

Il processo di design ha visto nel passaggio da Doodle3D a Tinkercad un salto in termini di difficoltà di progettazione e di competenze richieste ai bambini.

L'esempio (Fig. 5 e 6) si riferisce a un compito somministrato durante il primo anno di sperimentazione con le scuole. Si tratta di progettare e realizzare un tavolo. Le difficoltà legate alla progettazione e realizzazione di un tavolo sono principalmente connesse al collocamento del piano e al design delle gambe (alla loro posizione e lunghezza).

Per far stare il tavolo solidamente in piedi le gambe devono essere tutte della stessa dimensione e distribuite sotto il piano ai quattro angoli. Inoltre si possono presentare problemi legati alle proporzioni dei vari oggetti che vanno a comporre il prodotto finale.

Nelle figure seguenti si può comprendere la difficoltà di un bambino di 5 anni nel tentativo di realizzare, tramite software di modellazione 3D, un tavolo che si avvicini alla realtà. L'oggetto, rappresentato sul piano di lavoro tridimensionale del programma Tinkercad, è concepito, in prima istanza, come se fosse disegnato su un foglio di carta. Questo è evidente anche dal fatto che il tavolo non è realizzato come un unico oggetto ma è un insieme di forme elementari avvicinate tra loro. Il valore del TMI si intravede soprattutto nel processo di comprensione degli errori. Anche un processo di stampa il cui output non corrisponde al modello più funzionale (pensiamo ad esempio alla stampa di 5 pezzi sfusi che se ricomposti non garantiscono la stabilità di un tavolo)



**Figura 3.** personaggio disegnato su tablet e stampato al confronto

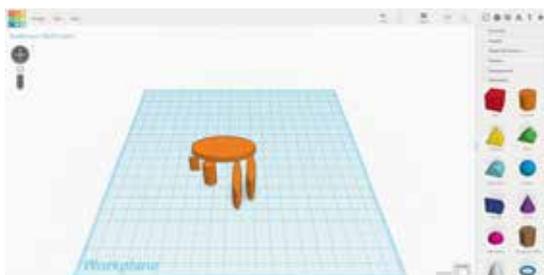


**Figura 4.** il personaggio con il spessore più ampio diventato un giocattolo

risulta fondamentale per innescare nei bambini ragionamenti volti a migliorare il proprio prodotto facendo ulteriori tentativi.

Nel secondo ciclo, dopo aver stampato un prototipo non funzionale i bambini si sono resi conto della necessità di progettare un oggetto unico con piano e gambe e, come solitamente accade, la seconda stampa si è avvicinata molto al risultato voluto.

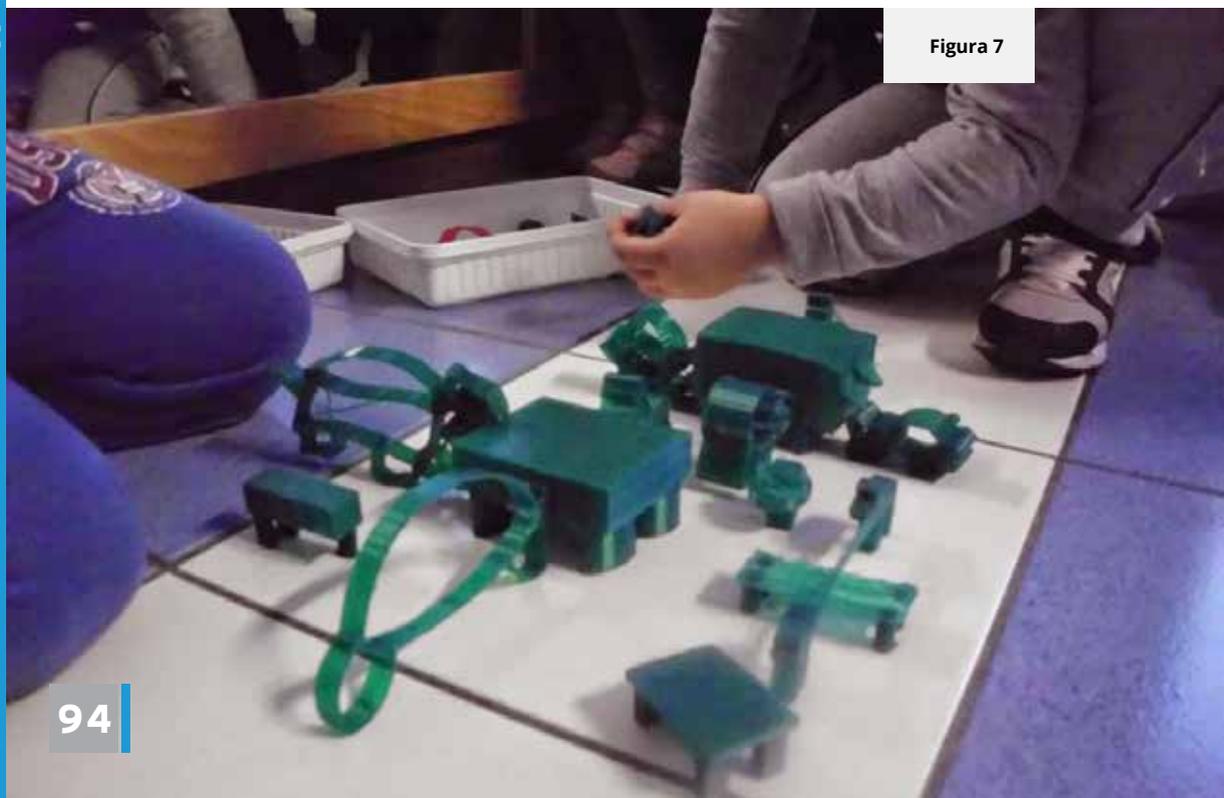
Quando gli oggetti vengono stampati correttamente e risultano quindi funzionali, o quanto meno sono utilizzabili, possono essere adoperati dai bambini durante le attività ludiche, permettendo così ulteriori momenti di riflessione e di ideazione di nuovi modelli migliorati.



**Figura 5.** Il tavolo con Tinkercad senza la percezione dell'ambiente di sviluppo 3D



**Figura 6.** Risultato della stampa



**Figura 7**

## 5.2 Lo sfondo integratore e la presentazione dei compiti

L'integrazione dei compiti assegnati in uno sfondo narrativo costituisce la linea del tempo e dello spazio da seguire in classe durante l'attività di sperimentazione. I compiti, presentati nella storia, sono inclusi in modo logico e contestualizzato mantenendo, allo stesso tempo, una loro autonomia nella fase di realizzazione.

Quest'ultimo aspetto risulta fondamentale nella gestione del carico cognitivo ed emotivo. Una situazione isolata non accompagnata da uno sfondo di senso risulterebbe di difficile connotazione da parte dei bambini richiedendo loro uno sforzo di contestualizzazione. Il rischio è inoltre quello di perdere la loro motivazione perché di fronte a situazioni plurime e non riconoscibili all'interno di un quadro chiaro di azione.

Lo sfondo narrativo è organizzato come una classica avventura che si svolge per prove che devono essere superate per procedere al passo successivo.

La storia, parte dalla descrizione dei protagonisti/personaggi che nel procedere vengono condotti alla costruzione degli strumenti o alla realizzazione dei oggetti che serviranno per poter proseguire nell'avventura.

In questa particolare organizzazione del lavoro i bambini si appassionano alla storia e trovano naturale aiutare i protagonisti costruendo gli strumenti necessari per l'evoluzione della storia. Il risultato (confermato anche dalle docenti) è una maggiore attenzione in classe e un miglior approccio al ciclo TMI per il raggiungimento dello scopo voluto.

L'attività propedeutica che precede ogni compito, è relativa soprattutto alla condivisione dei significati dei termini proposti nella situazione.

La messa in atto di una attività propedeutica poggia sulla discrezionalità del docente che conosce le peculiarità del gruppo di bambini a cui l'attività si rivolge. Allo stesso modo è importante lasciare la necessaria libertà ai bambini di sperimentarsi, è quindi importante non orientarli a copiare un oggetto preciso ma supportarli nell'ideare quello che loro ritengono più opportuno ai fini della soluzione del problema.

## 5.3 Struttura del percorso didattico con la stampante 3D

Presentiamo nel presente paragrafo la struttura del percorso didattico così come è stato presentato alle docenti delle scuole dell'infanzia coinvolte nel progetto ed è per questo che le consegne sono tutte al tempo futuro. .

In ogni incontro è stata proposta una sezione della storia *Uno strano furto*<sup>1</sup> all'interno della quale vi erano i problemi aperti che i bambini erano invitati a risolvere attraverso la realizzazione di specifici oggetti necessari per poter procedere al capitolo successivo. In sintesi la storia racconta di un orco birbante (non cattivo) che ruba un "giocattolo speciale" al protagonista che insieme alla sua

<sup>1</sup> La storia è stata scritta da Giovanni Nulli e Alessia Rosa, ricercatori Indire.

famiglia e alcuni abitanti del bosco si metterà alla ricerca dell'orco per recuperare il gioco rubato. La storia è divisa in sei parti in ciascuna delle quali si richiederà la costruzione di un oggetto, disegnandolo con i software Doodle3D o Tinkercad e stampandolo con la stampante 3D. La realizzazione degli oggetti per ogni parte della storia richiede l'utilizzo di abilità differenti.

Gli oggetti che devono essere realizzati sono i seguenti:

- a. I personaggi
- b. La torta
- c. L'albero cavo e/o lo strumento
- d. Le orme
- e. Il ponte
- f. Il giocattolo

## a. I personaggi

*“ Il piccolo/piccola [...] viveva felice nella casa nel bosco Laggiù insieme a papà [...] mamma [...], la sorella più grande [...] il gatto [...] ed il grande cane [...] ”*

*“Papà era un omeone grosso, con la barba. Mamma era un po' più bassa e aveva i capelli lunghi. La sorella, era magra e alta ormai come la mamma, e anche lei aveva i capelli lunghi, ma pettinati con le trecce. Papà andava a lavorare tutti i giorni con mamma, perché avevano un bellissimo tandem cioè una bicicletta a due posti. La sorella, andava a scuola a piedi. Il piccolo [...] rimaneva a casa, in compagnia degli elfi del bosco esperti giocattolai e dunque capaci di costruire giocattoli meravigliosi.*

*Gli elfi sono personaggi magici bassini, (alti come il piccolo [---]) con i lunghi capelli ed orecchie e stivali a punta. L'elfo guida del piccolo (cioè l'elfo che sin dalla nascita lo curava amorevolmente) si chiamava [...] e aveva costruito per [...] un giocattolo speciale unico e irripetibile che ogni notte accompagnava il piccolo nel Paese dei sogni. Così la sera il piccolo si lavava i denti, metteva il suo pigiama, dava a tutti un grande bacio della buona notte... ”*

### Attività in Classe:

#### Attività da svolgere con Doodle3D e stampante 3D

Dopo aver attribuito un nome ai personaggi (tale espediente è stato utile per consentire ad ogni sezione coinvolta di rendere la storia maggiormente propria) disegnare con Doodle3D i personaggi della storia. È consigliabile suggerire ai bambini di ripetere verbalmente (prima di procedere al disegno) le caratteristiche del personaggio così come sono state narrate nella storia. Nel disegnare i personaggi, i bambini dovranno rispettare le indicazioni sulle dimensioni e sui dettagli fornite dalla storia ad esempio il papà deve essere grande, sicuramente più grande della mamma e della sorella, che sono ambedue magre, ma con capelli di lunghezza differente. Il piccolo è alto come gli elfi, che quindi sono più piccoli rispetto al resto della famiglia.

Possono essere aggiunti altri personaggi (animali o umani l'importante è non attribuire ruoli centrali all'interno della narrazione). Per esempio in diversi casi sono stati inseriti nella storia un cane, che era alto quanto il bambino, ed un gatto che era il personaggio più piccolo, ancora più piccolo dei elfi.

#### Propedeutica:

Disegnare i personaggio sulla carta. In questa fase evidenziare nuovamente le caratteristiche di ogni personaggio.

#### Indicazioni per l'attività:

Il compito può essere realizzato da una classe in circa tre o quattro mattinate. Il suggerimento è che il compito sia svolto in gruppi. In scuole dotate con più dispositivi per il disegno (tablet e/o lim) grazie alla velocità di realizzazione con Doodle3D, in ogni gruppo sono stati realizzati più personaggi della storia (Fig. 8 e Fig. 9). Completando il ciclo TMI i personaggi stampanti possono essere confrontati all'interno del gruppo per migliorare il risultato ottenuto, prestando attenzione alle dimensioni e alle caratteristiche dei singoli personaggi.

#### Indicazioni per TMI:

Mettere a confronto i personaggi stampanti, secondo le caratteristiche del racconto (Fig. 10 e Fig.11).



**Figura 8.** Il lavoro di progettazione con Doodle3D e la LIM



**Figura 9.** I personaggi della storia



**Figura 10.** Il lavoro di progettazione con Doodle3D ed il tablet



**Figura 11.** I personaggi della storia

## b. La torta

*“ ... Un brutto giorno un orco Birbante rubò il giocattolo speciale di [...]*

*Gli orchi Birbanti sono una specie di orchi molto strana. Non sono orchi cattivi e si nutrono solamente di bacche ma hanno il brutto vizio di fare i dispetti ai bambini! Ad esempio se un bimbo si sta lavando le mani stai pur sicuro che un orco Birbante gli spruzzerà l'acqua in faccia. Se invece una maestra distribuisce i biscotti stai pur certo che l'orco birbante prenderà il sacchetto e scapperà nel bosco. E non per mangiare li biscotti ma solo per il gusto di dar fastidio.*

*Anche questa volta sembra che sia andata così, l'orco ha voluto fare un dispetto a [...] e per farlo gli ha rubato ciò a cui più teneva. Questo però non consolava il piccolo [...] che piangeva disperato. Mamma e papà si interrogavano su come consolare il loro piccolo e dicevano: “Cosa possiamo fare per salvarlo?” “Dove avrò mai portato, quest'orco Birbone, il suo gioco speciale?” Nel mezzo dello stupore generale all'elfo comparve un gran sorriso sulla faccia ed esclamò “C'è una Strega Buona nel bosco, molto vecchia e gobba e molto golosa che abita in un grande albero cavo, lei che sa tutto. Forse ci potrà aiutare”.*

*Tutto la famiglia, elfi compresi, partì e cammina cammina, arrivarono al grande albero della vecchia signora, e la trovano intenta ad innaffiare i suoi fiori in giardino. Appena la videro, □ tutti iniziarono a strepitare e a parlare uno sull'altro. La dolce strega fece un gesto con la mano e sorridendo si rivolse a loro con voce calma: “So perché siete qui! Voi cercate il giocattolo speciale di (...) Io so dov'è e ve lo dirò, ma solo se mi dimostrerete di avere un cuore generoso. Io sono molto vecchia, ma anche molto golosa e da tempo desidero mangiare una grande torta a tre piani con tante ciliegine, ma le mani mi fanno troppo male e non riesco a cucinarla da sola. Lo fareste per me per favore? “*

### Attività in Classe:

*Attività da svolgere Tinkercad, programma di slicing, stampante 3D*

Il compito consiste nel costruire con Tinkercad la torta a tre piani.

La costruzione può essere fatta con un set di cubi o cilindri o altre forme a scelta, secondo le preferenze dei bambini. Affinché la torta sia realizzata correttamente le parti che la compongono devono essere saldate tutte insieme, preferibilmente centrate, questi elementi sono parti fondamentali del ciclo TMI.

Le ciliegine (opzionali) possono essere realizzate con la stampante 3D o con altri materiali ed saranno aggiunti dopo.

Propedeutica:

Creare materiali oggetti composti da più sezioni sovrapposte e centrate con materiali quali ad

esempio i solidi di legno o il pongo (Fig. 12).

#### Indicazioni per l'attività:

Lo scopo del compito è imparare a posizionare gli oggetti uno sopra l'altro per familiarizzare con i concetti di sopra/sotto e destra/sinistra, allo scopo di centrare il più possibile i tre piani della torta (Fig. 13).

#### Indicazioni per TMI:

Confrontare la torta stampata con quella descritta nella storia e con i modelli (Fig. 14) costruiti durante la fase propedeutica.

#### Esempi per la realizzazione in classe:



**Figura 12.** Il lavoro di propedeutica



**Figura 13.** Il lavoro di progettazione con Tinkercad alla LIM



**Figura 14.** La torta stampata

### **c. L'albero cavo e/o lo strumento musicale:**

*"... poi fecero una grande festa. Tutti si prendevano le mani e ballavano un girotondo intorno all'albero cavo nel quale abitava la strega. Alcuni elfi suonavano i loro strumenti tipici con un nome per noi impossibile da pronunciare però il loro suono ricordava il fruscio delle foglie o il cadere della pioggia."*

#### **Attività in Classe:**

##### **Attività da svolgere Tinkercad, programma di slicing, stampante 3D**

Costruire il tronco dell'albero cavo con Tinkercad facendo in modo che stia in piedi (senza colla).

La chioma potrà essere realizzata con altro materiale (lana, carta, batuffoli di cotone).

I bambini potranno realizzare delle radici stilizzate che formano una base larga e stabile.

Prima di stampare chiedere ai bambini se riescono a indicare quale parte dell'albero consentirà

l'equilibrio e perché l'hanno progettata e realizzata proprio così.

#### Propedeutica:

Chiedere ai bambini se sanno che cos'è un tronco cavo, o come loro se lo immaginano. Con il pongo/pasta del sale/DAS/pane si può realizzare un oggetto con una sezione. Nella realizzazione da evidenziare il processo del forare.

#### Indicazioni per l'attività:

Scelta degli oggetti più adatti tra quelli proposti di Tinkercad per realizzare un tronco (esagono, cilindro, ...) e per poi renderlo cavo (sfera, cilindro...)

#### Indicazioni per TMI:

La finalità è quella di riuscire a calibrare adeguatamente le dimensioni e posizionamento del "buco" e creare una base abbastanza stabile per mantenere in piedi il tronco.

#### Esempi per la realizzazione del tronco cavo in classe (Fig. 15-19):



**Figura 15.**  
Il tronco cavo



**Figure 16,17.** Esempio di realizzazione del tronco cavo



**Figura 18.** Esempio di realizzazione del tronco cavo



**Figura 19.** Esempio di realizzazione del tronco cavo

## d. Le orme

*“ La vecchina mangiò soddisfatta! Poi guardo il bimbo e l’elfo sorridendo e disse “Mio caro la strada per raggiungere l’Orco che ha rubato il tuo gioco speciale tu la conosci già! è da sempre nel tuo cuore! Pensa intensamente al tuo giocattolo e ti apparirà il percorso per raggiungerlo! “*

### **Attività in Classe:**

#### **Attività da svolgere con Doodle3D e stampante 3D**

Ogni bambino realizza le orme di due personaggi a sua scelta più un terzo scelto dagli insegnanti.

All’interno del gruppo di lavoro verranno confrontate le orme (confronto tra le grandezze dei piedi in relazione a come sono i personaggi).

Con tutti i bambini della classe si realizza un percorso che porta dall’albero della strega alla casa dell’orco. L’obiettivo è contare quanti passi ci vogliono per raggiungere la casa dell’orco.

È possibile cospargere il percorso di sabbia e far lasciare le orme ai piedi dei personaggi (Fig.20) oppure usare un percorso di carta e usare le orme come timbri, usando la tempera. Le orme devono essere messe una davanti all’altra sfiorandosi. I bambini divisi in gruppi conteranno le orme durante il percorso. I passi contati si visualizzeranno per ogni gruppo su un cartellone, come semplici istogrammi (Fig. 23 e Fig. 26).

#### Propedeutica:

Chiedere ai bambini se sanno che cosa sono le orme e come si creano. Si chiederà loro di iniziare lavorando sul foglio facendo un disegno che rappresenta come si immaginano le orme dei personaggi scelti (Fig. 24, 25, 27).

#### Indicazioni per l’attività:

La parte TMI consiste nel realizzare orme di dimensioni differenti e confrontare il numero di passi che ogni personaggio deve fare dipendono dalla dimensione dei piedi. Se l’attività è realizzata correttamente le orme dell’orco risulteranno in numero minore di quelle dell’elfo.

Lasciamo agli insegnanti la libertà di realizzare il percorso e organizzare la conta delle orme possono ad esempio utilizzare la carta, (e quindi usare la tempera con gli stampini) oppure una pedana di pongo o una scatola contenente sabbia cinetica.

#### Indicazioni per TMI:

Date la complessità della finalità è possibile che sia necessario riprogettare le orme perché realizzate con proporzioni non adeguate oppure perché non sono adeguate per essere manipolate (Fig.22).

Esempi per la realizzazione in classe:



Figura 20. Esempio di realizzazione del percorso



Figura 21. La misurazione con le orme stampate

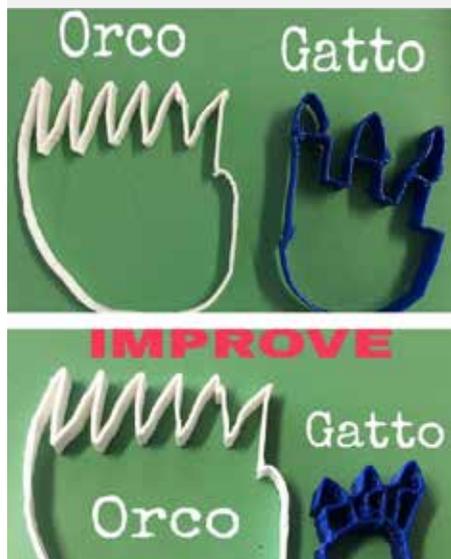


Figura 22. Il TMI applicato sulle dimensioni delle orme

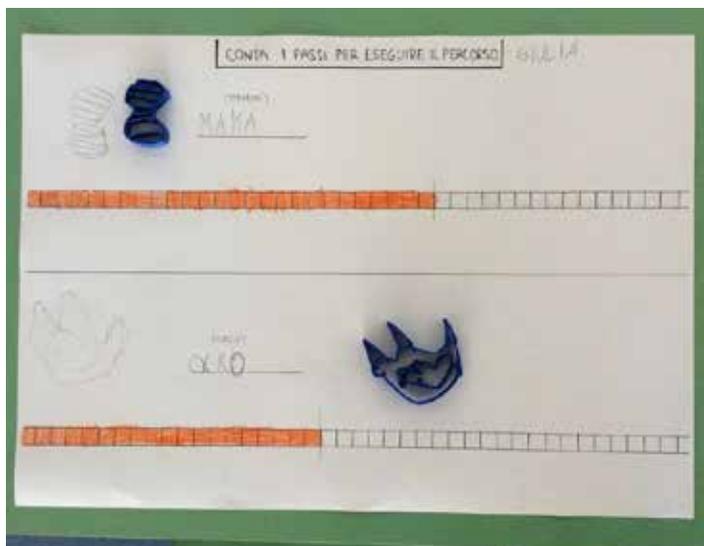


Figura 23. La conta finale dei passi rappresentata in un istogramma



**Figura 24.** Propedeutica sulle orme



**Figura 25.** Propedeutica sulle orme



**Figura 26.** La conta finale dei passi rappresentata in un istogramma



**Figura 27.** Propedeutica sulle orme

## e. Il ponte

*“ La compagnia iniziò a camminare, ma ad un certo punto si trovò davanti un fiume e dall'altra parte videro la casa dell'Orco. Bisognava costruire un ponte! Si misero tutti al lavoro e riuscirono così ad arrivare alla casa dell'Orco. ”*

### **Attività in Classe:**

#### **Attività da svolgere Tinkercad, programma di slicing, stampante 3D**

Chiedere ai bambini di costruire un ponte con Tinkercad affinché la comitiva possa procedere, oltrepassando l'ostacolo. L'ostacolo dovrà essere realizzato in materiali differenti o con la stampante 3D dall'insegnante.

I bambini saranno liberi di costruire il ponte con la forma che preferiscono<sup>2</sup> dovranno poi spiegare le ragioni del loro progetto e la funzionalità dello stesso.

#### Propedeutica:

Individuare i ponti reali vicino alla scuola e verbalizzarne le caratteristiche. Eventualmente è possibile costruire un ponte con materiali diversi: solidi di legno, lego, pongo, legno, ecc. per capirne le caratteristiche principali.

#### Indicazioni per l'attività:

Il compito prevede un ciclo TMI sulla verifica della grandezza del ponte: se il ponte è troppo piccolo non consentirà di oltrepassare l'ostacolo.

L'ostacolo dovrà avere una dimensione tale da consentire la stampa di un ponte sufficientemente grande ma è consigliabile limitare la larghezza dell'ostacolo per facilitare il lavoro dei bambini.

#### Indicazioni per TMI:

È possibile far “utilizzare” il ponte dai personaggi realizzati nella prima attività al fine di verificarne la forma e la stabilità. Sarà inoltre necessario verificare la lunghezza del ponte rispetto all'ostacolo (Fig.28-31).

<sup>2</sup> Se il ponte viene disegnato ad arco, il suggerimento è di stampare il ponte appoggiato sul fianco in modo da risolvere il problema che si avrà in fase di stampa denominato “overhanging”, ovvero la difficoltà a stampare oggetti che non abbiano una base sul piano zero.

Esempi per la realizzazione in classe:



**Figura 28.** Esempio di realizzazione del ponte



**Figura 29.** Esempio di realizzazione del ponte



**Figura 30.** Esempio di realizzazione del ponte



**Figura 31.** Esempio di realizzazione del ponte

## f. Il giocattolo

*“Giunti alla casa dell’orco il piccolo [...] bussò con forza e disse: “Orco Birbone perché hai rubato il mio giocattolo speciale? Ridammelo subito!”*

*L’orco si voltò e sul suo viso scendeva una grande lacrima.*

*Tutti rimasero stupiti e la mamma chiese “Orco Birbone perché piangi?” L’orco si asciugò gli occhi, si soffiò il naso e rispose: “Da tanti tanti giorni non riesco a fare dei bei sogni e la mattina mi sveglio sempre triste”*

*L’elfo intenerito creò allora un gioco speciale a misura di Orco e poi disse “Scusa piccolo [...] ecco il tuo gioco speciale, con me non funziona perché è stato fatto solo per te e solo a te servirà per condurti verso i sogni più belli”. E da quel momento tutti sognarono felici e contenti.”*

### **Attività in Classe:**

*Attività da svolgere Tinkercad, programma di slicing, stampante 3D*

Chiediamo ai bambini di realizzare il gioco speciale dell’orco e del bambino così come lo immagino.

Propedeutica:

Invitare i bambini a realizzare un progetto che rappresenta l'idea del giocattolo adatto per l'orco.

Indicazioni per l'attività:

Il giocattolo per l'orco può essere realizzata sia con Doodle3D sia con Tinkercad. Lasciamo la libertà ai bambini a decidere con quale mezzo preferiscono di realizzarlo.

Indicazioni per TMI:

In questo caso è possibile verificare la corrispondenza tra il progetto e la realizzazione (Fig.32) e riflettere con i bambini sulle ragioni che li hanno spinti a tale ideazione.

Esempi per la realizzazione in classe:

**Figura 32.** Esempio di realizzazione del giocattolo con Doodle3D

Conclusioni

I compiti qui presentati sono stati oggetto di analisi e confronto con le insegnanti che hanno supportato il gruppo di ricerca nella definizione degli stessi. Le attività di osservazione e i commenti dei bambini sono poi stati gli elementi cardine che hanno portato alla stesura riportata.

# 6

## Il setting tecnologico

*Lorenzo Guasti, Jessica Niewint-Gori*

*In questo capitolo spieghiamo i principali setting tecnologici sperimentati in classe. Saranno descritti i software e gli hardware utilizzati al fine di rendere quanto più replicabile e trasferibile le attività proposte. In seguito approfondiamo alcune caratteristiche tecnica relativamente alle stampanti utilizzate.*

Un progetto incentrato sull'utilizzo della stampante 3D a scuola implica una notevole cura nell'allestimento del setting tecnologico poiché la strumentazione in campo è numerosa e complessa. Gli elementi fondamentali che risultano essere necessari sono i seguenti:

- **Stampante 3D** le cui caratteristiche saranno descritte nei paragrafi successivi.
- **Dispositivo di input** (LIM+PC, Tablet, PC).
- **Doodle3D.**
- **Connessione alla rete.** Una robusta connessione è fondamentale per lavorare con applicazioni che sono prevalentemente online.

La sperimentazione condotta da Indire ha consentito di studiare approfonditamente due configurazioni di lavoro. Di seguito si descriveranno precisamente prima i setting tecnologici e in seguito i singoli dispositivi hardware e software necessari, in modo che possano essere applicati da tutti coloro che vorranno ripetere una esperienza simile.

## 6.1 I due setting tecnologici, con Doodle3D e con Tinkercad

### Descrizione del processo di lavoro e dei dispositivi hardware e software

Il percorso che porta il progetto disegnato a diventare un oggetto 3D stampato, ad oggi si compone di due parti.

La prima è quella della modellazione digitale tramite un apposito software, nel nostro caso sono stati prescelti Doodle3D e Tinkercad. Solitamente il disegno viene salvato nel formato **.stl** (*Stereo Lithography interface Format*).

La seconda parte, che ci consentirà di riprodurre questo oggetto con una stampante 3D è denominata *slicing* (Gibson et al, 2010) e serve a creare il file formato **G-Code**. Lo *slicing* è un processo informatico che seziona l'oggetto in tanti strati orizzontali (fette, dall'inglese *slice*) che saranno poi riprodotti dalla stampante durante il processo della stampa di tipo FDM (*Fused Deposition Modelings*).

Per quanto riguarda l'esperienza acquisita durante la sperimentazione e che qui viene riproposta, la prima modalità di disegno prevede l'uso dell'interfaccia grafica fornita da Doodle3D, che consente ai bambini di disegnare su un qualsiasi dispositivo touch. Con Doodle3D si può stampare un oggetto disegnato sull'interfaccia dell'applicazione in modo diretto, senza dover utilizzare altri software per lo slicing.

La seconda modalità presa in considerazione prevede l'uso di Tinkercad che è un CAD 3D attraverso cui gli oggetti progettati saranno salvati nel formato **.stl** e conseguentemente trasformati in file formato **.gcode** pronti per essere stampati.

Di seguito lo schema (Fig. 1) che sintetizza le fasi di lavoro con i due metodi di lavoro presi in considerazione in questo libro.

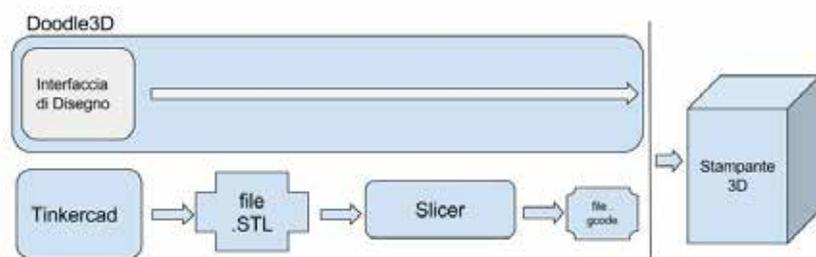


Figura 1. Differenze dei passi di elaborazione da eseguire tra Doodle3D e Tinkercad

## Doodle3D

Doodle3D ([www.doodle3d.com](http://www.doodle3d.com)) è un sistema ibrido costituito da un dispositivo hardware e da una *web application* che assolve a diversi compiti, tutti orientati a semplificare sensibilmente l'uso della stampante 3D in ambiti non tecnici, come ad esempio la Scuola dell'Infanzia.

In primo luogo Doodle3D, creando una rete *WiFi* dedicata consente di accedere a una *pagina web all'interno della quale è possibile disegnare*. È usabile da qualsiasi browser attraverso *computer, tablet, smartphone* o Lavagna Interattiva Multimediale (LIM). Questa applicazione permette a chiunque, bambini compresi, di disegnare semplici forme bidimensionali alle quali associare uno spessore, tecnicamente chiamato "estrusione". In pratica associa alla forma bidimensionale una terza dimensione, l'altezza.

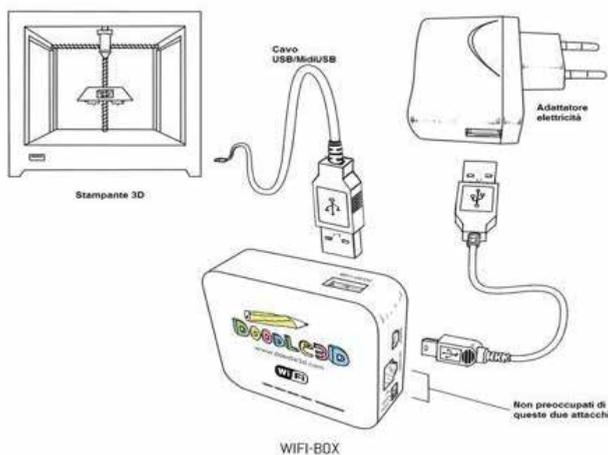
In secondo luogo, essendo il Doodle3D direttamente collegato alla stampante 3D tramite porta USB, si evita di dover eseguire manualmente la fase di *slicing*. Questo secondo aspetto semplifica le operazioni di stampa in ambienti non tecnici, come la scuola poiché consente un flusso di lavoro molto più continuativo. Si riesce a ridurre a livello temporale l'intervallo che incorre tra la fase di disegno e quella di stampa semplificando una delle procedure maggiormente praticate in classe nella ricerca in corso, ovvero il ciclo *Think-Make-Improve* (Resnick, 2007). A livello *hardware* il Doodle3D è costituito da un *Router* 3G/4G portatile TP-Link MR3020 (Fig. 2) con un *firmware* appositamente modificato.

Il modulo *WiFi*, viene utilizzato per creare una



**Figura 2.** Il prodotto Doodle3D utilizzato nella nostra ricerca

**Figura 3.** Set up tecnico di Doodle3D



rete locale a cui i diversi dispositivi dedicati al disegno si connettono (*computer, tablet, LIM, smartphone*, ecc.). Doodle3D è connesso direttamente alla stampante attraverso un cavo USB (Fig. 3). Il sistema operativo presente sul router è stato modificato affinché, una volta connessi, si acceda automaticamente all'applicazione principale attraverso una pagina web. Questa condizione permette di stampare direttamente il disegno creato attraverso l'applicativo *web* senza dover gestire manualmente il passaggio dei file dal modello ".stl" prodotto dal *software* di progettazione 3D al file standard ".gcode" che è il documento ottimizzato con i parametri corretti per la stampante che si sta utilizzando.

Lo *slicing* è un'operazione complessa, assolta da *softwares* aventi interfacce utenti relativamente grezze e soprattutto non pensati per un'utenza poco esperta. La notevole quantità di parametri da definire, esigenza indispensabile per il tecnico esperto, diventano un ostacolo a volte insormontabile per la maggior parte delle persone non esperte.

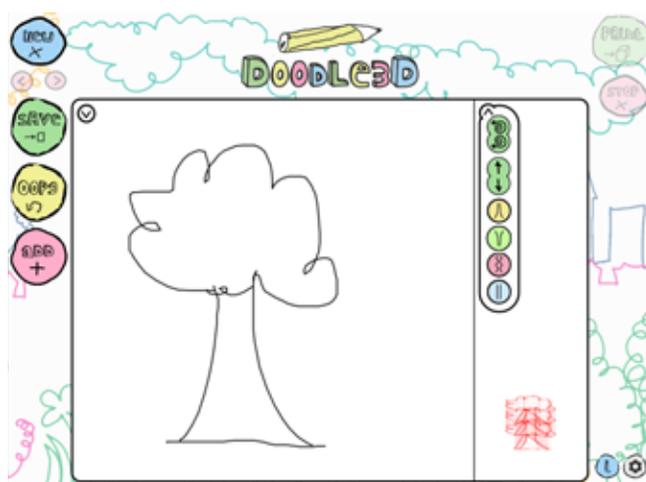
Per stampare è sufficiente scegliere il modello della stampante (tra quelle compatibili) nell'interfaccia di configurazione. Se la stampante non fosse compresa nella lista di quelle compatibili, sarà sempre possibile, con una certa facilità, configurare manualmente tutti i parametri di stampa e riuscire, con buona probabilità, a stampare.

L'interfaccia web di **Doodle3D** permette di eseguire le seguenti azioni:

- disegnare in due dimensioni, nell'area principale di disegno;
- inserire poligoni piani con un numero di lati definito dall'utente;
- inserire testo;
- tramite una serie di bottoni posti alla destra dell'area di disegno, definire l'altezza e alcune semplici geometrie associate alla terza dimensione (conicità, torsione, ecc.);
- inserire nello sfondo un'immagine per poter ricalcare una figura.

Una volta completato il disegno e dopo aver definito le caratteristiche della terza dimensione è possibile avviare direttamente la stampa attraverso il bottone "*print*" (Fig. 4). Doodle3D ha un'interfaccia semplice, leggera e intuitiva, comprensibile da bambini anche molto piccoli poiché i bottoni sono pochi, di grande dimensione e supportati da

Figura 4. Interfaccia disegno di Doodle3D



icone chiare. La sua semplicità rende possibile l'utilizzo anche con le LIM più datate che normalmente sono meno sensibili al tocco. Lo stesso ragionamento è trasferibile ai *tablet* meno performanti che talvolta si possono trovare a scuola (Fig.5).

I limiti che si sono riscontrati durante le attività svolte con Doodle3D sono di due tipi.

Il primo è un limite oggettivo: il metodo di disegno e di definizione della terza dimensione tramite estrusione non consente di stampare forme geometriche complesse. Ad esempio è praticamente impossibile stampare un cubo con la superficie superiore e inferiore piena. Al massimo si potrà stampare un tubo a base quadrata. Lo stesso vale per sfere, superfici curve o solidi composti da più primitive.

Il secondo limite è dovuto al metodo di stampa delle stampanti utilizzate, che solitamente si trovano a scuola, che è di tipo a "deposizione fusa". Questo metodo non è molto preciso e prevede la deposizione di strati, uno sull'altro, attraverso un estrusore che cola la plastica fusa e si sposta con un meccanismo a pantografo cartesiano. Quando si disegnano elementi troppo complessi gli strati si sovrappongono in modo disordinato e la stampante tende a commettere errori grossolani che possono compromettere la buona riuscita dell'operazione.



**Figura 5.** Esempio di progettazione e l'oggetto stampata con Doodle3D

## Tinkercad

Tinkercad ([www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)) è un CAD 3D (*Computer-Aided Design Software*) completo. È fruibile gratuitamente online, distribuito da una delle maggiori aziende mondiali del settore, la *Autodesk*, ed è pensato per avere una interfaccia utente molto semplice ma che, allo stesso tempo, consente di progettare forme anche complesse.

La caratteristica di essere completamente fruibile da web, da un lato lo rende molto interessante poiché è indipendente dal sistema operativo che si sta usando, dall'altro bisogna considerare che l'essere vincolati alla presenza di una connessione internet talvolta può essere limitante, specialmente se usato a scuola dove notoriamente la connettività è debole.

L'interfaccia di Tinkercad è disegnata in modo da avere un numero limitato di funzioni, solo quelle indispensabili, facilmente comprensibili.

L'assenza di funzionalità complesse rende necessario una progettazione accurata per ottenere gli oggetti nella forma desiderata, talvolta ideando soluzioni ingegnose e creando percorsi formativi di tipo *problem solving* molto interessanti.

Tuttavia, essendo presente una griglia millimetrica, un righello e uno *snap* si riesce a disegnare modelli geometrici molto rigorosi e quindi utilizzabili come componenti di precisione per pro-

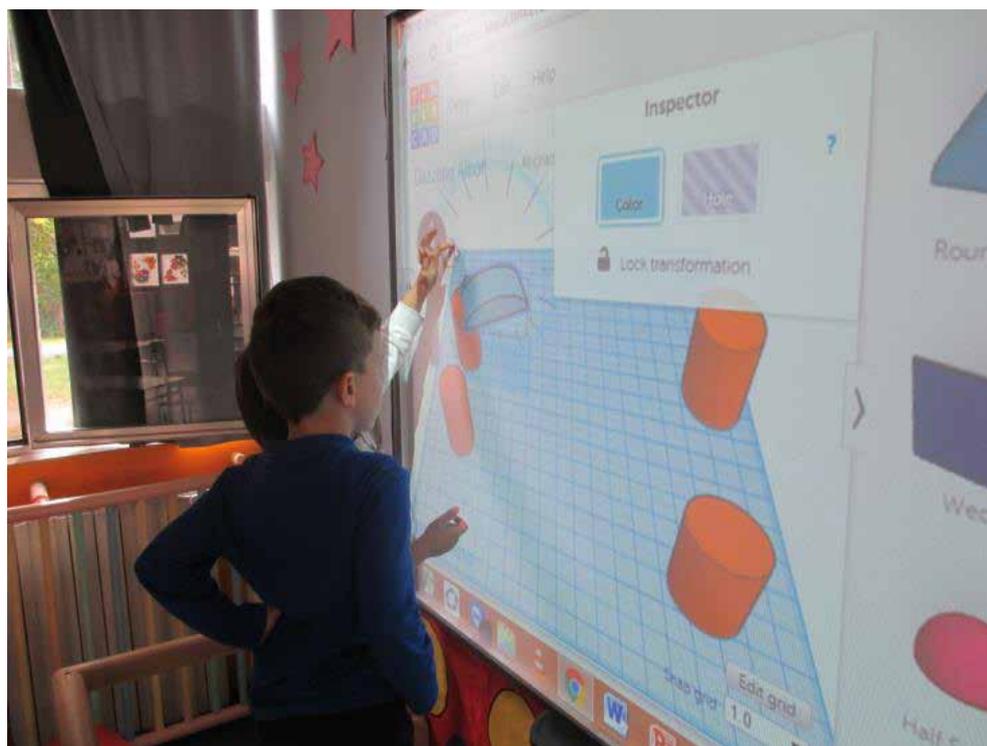


Figura 6. Lavoro di progettazione con Tinkercad alla LIM

getti anche di una certa complessità (Fig. 6).

I progetti sono ospitati in un **cloud** all'interno di Tinkercad e si può decidere se renderli pubblici, andando ad arricchire la banca dati mondiale oppure lasciarli privati, ad uso personale.

Una volta completato il disegno, l'oggetto da stampare può essere esportato come file .stl e salvato sul proprio dispositivo. Per stamparlo serve una elaborazione successiva, la traduzione del file da .stl a .gcode con aiuto di un programma **slicer**.

## I programmi di slicing

Uno dei formati più comuni per salvare degli oggetti progettati con un cad 3D è definito STereoLithography (.stl). Questo file descrive la geometria della superficie di un modello 3D.

Per stampare in seguito l'oggetto bisogna tradurre il file .stl in un file .gcode ottimizzato per la stampante in possesso. Esistono diversi programmi, anche open source come RepetierHost, Cura o Slic3r, che traducono il file .stl in sequenze di istruzione ottimizzate per la stampante 3D, nel formato G-code. Gli oggetti saranno letteralmente "affettati" per ricreare l'oggetto strato per strato (**layer**).

Il file G-code può essere inviato alla stampante in diversi modi, caricando il file su una chiavetta USB o una scheda SD per poi inserirla nella stampante, o connettendo la stampante direttamente al computer per comandare la stampante direttamente del programma di **slicing**. La prima ipotesi consente di tenere la stampante fuori dalla classe, ad esempio in uno spazio polifunzionale per farla utilizzare da più insegnanti contemporaneamente. Nella seconda opzione un computer rimane dedicato alla stampante finché il processo di stampa non è finito.

Per ottimizzare il processo della stampa, tanti produttori rilasciano i file di configurazione per i software di **slicing** più comuni oppure offrono insieme alla stampante un software di **slicing** nativo.

Nella creazione del G-code alcune attenzioni di base possono portare ad un risultato di stampa soddisfacente.

Gli aspetti importanti che si possono gestire tramite il programma di **slicing**, oltre alla configurazione degli aspetti prettamente tecnici legati al tipo di stampante sono i seguenti.

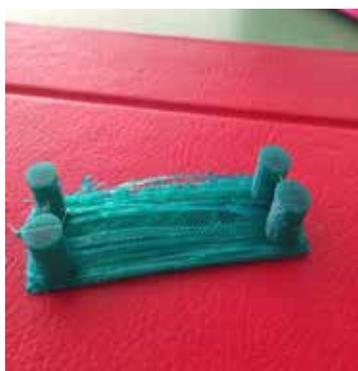
Supponiamo ad esempio di voler stampare un albero con i rami estesi, per la stampante i rami sono sospesi nel vuoto perché non appoggiano su alcun supporto, questo problema viene denominato anche **overhang**. Come risultato la stampa difficilmente porterà ad un ottimo risultato se non provvediamo noi, a far creare al programma di **slicing**, i necessari appoggi per una corretta stampa. I supporti sono consigliati nelle superfici sospese nel vuoto oppure su pareti che hanno un'inclinazione maggiore di 50/60°.

Un altro aspetto importante da considerare riguarda la capacità del pezzo che si stampa di aderire al piatto. Se non aderisce perfettamente, l'estrusore può rischiare di spostarlo e far fallire completamente la stampa. Tramite il programma di slicing è possibile impostare delle opzioni per favorire l'adesione dell'oggetto stampato al piatto di stampa.

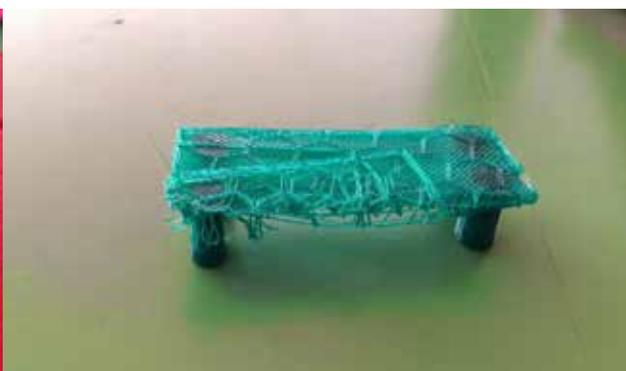
Il primo modo di intervenire per evitare questo problema è tramite la funzione *Brim* che è un'estensione del primo *layer*. Il *Brim* aiuta di aumentare la superficie di contatto con il piatto. Questa opzione è consigliata soprattutto per gli oggetti di piccole dimensioni perché garantisce una buona adesione al suolo.

La seconda funzione è denominata *Raft* che invece è consigliato quando si stampano oggetti con una superficie di grandi dimensioni sul piatto, per evitare che la plastica si deformi nel processo di raffreddamento. Con il *Raft* si crea un fitto reticolato prima di iniziare a stampare l'oggetto vero e proprio.

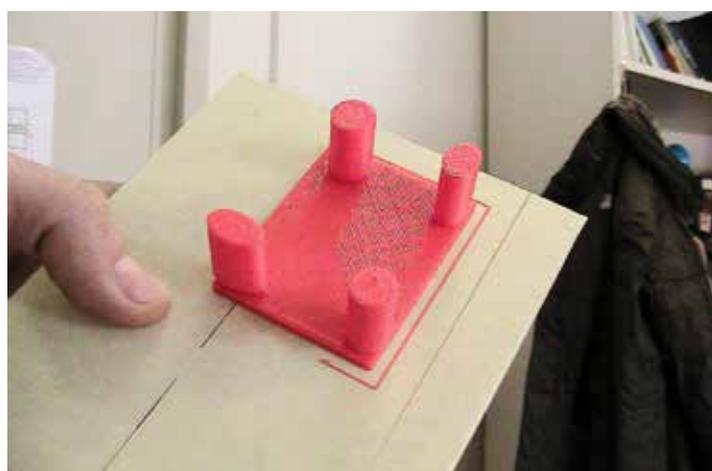
Di seguito alcuni esempi di oggetti stampanti nel modo corretto (Fig. 11) oppure orientando il pezzo in modo errato con evidente problemi di overhanging (Fig. 9 e 10).



**Figura 9.** Esempio di stampa errata



**Figura 10.** Esempio di stampa errata



**Figura 11.** Esempio di stampa corretta

## Esempio di setup tecnologico di Doodle3D e Tinkercad in classe

Per poter configurare Doodle3D in modo ottimale, è necessario disporre di una stampante compatibile<sup>1</sup>. Sarà poi necessario disporre di un dispositivo di input touch che possa connettersi alla rete wifi creata da Doodle3D stesso (Fig.12).

Per quanto riguarda invece il setting tecnologico necessario per usare Tinkercad, poiché è un software gratuito, è sufficiente, oltre all'acquisto di una qualsiasi stampante 3D, di disporre di un computer in grado di navigare e di una connessione a Internet stabile<sup>2</sup>. Tinkercad è concepito per essere usato tramite computer, con mouse o su LIM di nuova generazione. Di seguito

uno schema che descrive come allestire il setting (Fig. 13).



**Figura 12.** Esempio di setup tecnico in classe con Doodle3D



**Figura 13.** Esempio di setup tecnico in classe con Tinkercad

<sup>1</sup> Sul sito <https://shop.doodle3d.com/product/doodle3d-wifi-box/> si trova la lista delle stampanti compatibili

<sup>2</sup> Secondo l'esperienza maturata durante il progetto di ricerca, Tinkercad non funziona bene da smartphone, tablet o LIM di vecchia generazione.

## 6.2 Le caratteristiche fondamentali delle stampanti 3D e dell'ambiente di lavoro per un uso ottimale a scuola

Tenendo presente che all'interno della scuola, non sempre la stampante 3D troverà collocazione in un laboratorio attrezzato e che spesso sarà sistemata in classe (anche se non è raccomandato) o in un'aula polifunzionale, le caratteristiche che si ritiene siano fondamentali nella scelta sono:

- **Involucro chiuso** (protezione dalle parti in movimento e dagli elementi caldi e abbattimento delle eventuali emissioni di microparticelle)
- **Facilità di messa in opera** (configurazione della macchina, installazione e configurazione del software)
- **Semplicità di gestione della macchina** (sostituzione del filamento, taratura del piatto, ecc.)

Qui di seguito si andrà ad approfondire tutti gli aspetti che caratterizzano la stampante e le funzionalità ad essa connesse, in modo tale da fornire al lettore una capacità di analisi migliore quando si troverà davanti alla scelta della stampante 3D da acquistare e l'ambiente da configurare.

### Struttura della stampante

Nate come progetti sperimentali open hardware, le stampanti 3D per uso personale hanno goduto, per un certo periodo, di una sorta di vuoto normativo da un lato, e dell'entusiasmo dei "maker" dall'altro, pronti a sorvolare su aspetti riguardanti la sicurezza pur di poter accedere a basso costo a questa tecnologia. Quando questa tecnologia si è diffusa in ambienti pubblici come scuole, laboratori comunali, laboratori privati aperti al pubblico, si è visto un graduale recupero del rispetto delle normative, a partire dalla Certificazione CE. Il consiglio che viene fornito è di scegliere una stampante certificata CE, che presenti un involucro chiuso sulla maggior parte dei lati in modo da assolvere a due compiti, il primo, abbassare drasticamente il rischio che gli studenti e gli insegnanti possano inavvertitamente toccare le parti calde e in movimento, il secondo è contenere l'eventuale emissione di microparticelle, spesso dovute all'utilizzo di materiale plastico scadente. Infine, bisogna tenere conto anche che il fornitore o il distributore sia una azienda consolidata in modo da fornire anche nel futuro l'assistenza necessaria.

### Display

Un display, anche piccolo che da informazione sullo stato della stampante o sull'avanzamento della stampa in corso può far comodo, soprattutto nell'ambiente scolastico, nel quale il computer non è necessariamente vicino alla stampante e quindi non si ha un controllo diretto della

stampa in atto. Non è un elemento indispensabile, ma è comunque utile.

## **Piatto di stampa**

Il piatto di stampa è importante prima di tutto perché dalla dimensione dipende la capacità di stampare pezzi più o meno grandi. Inoltre la qualità meccanica influisce sull'affidabilità della macchina, se il piatto flette non possiamo sperare in un risultato perfetto perché avremo problemi di aderenza e difficoltà a staccare l'oggetto una volta stampato.

Il piano inoltre può essere a temperatura ambiente oppure riscaldato elettricamente.

Durante la stampa il filamento viene portato ad una temperatura alla quale assume una consistenza plastica fluida e può dunque essere estruso e depositato sul piano. Durante il raffreddamento avvengono molti processi che mentre modificano la consistenza influiscono sulle dimensioni (ritiro, sollevamento di un lembo, ecc). Un buon piano riscaldato, riducendo tali effetti, può essere di grande ausilio soprattutto con la stampa con ABS. D'altro canto, bisogna considerare che un piatto riscaldato costituisce un elemento aggiuntivo di rischio nel caso in cui venga toccato da uno studente.

Si ritiene che un'area minima di stampa di 100x100x100 mm sia sufficiente per realizzare progetti didattici in classe. È evidente che un'area di stampa maggiore è un fattore positivo, tenendo però conto che per stampare pezzi grandi è necessario anche un tempo maggiore e a scuola, soprattutto con bambini relativamente piccoli, i tempi di attesa sono difficili da gestire.

Inoltre, un aspetto importantissimo, per una buona riuscita della stampa, è il livellamento del piatto. Affinché la plastica si depositi uniformemente il piatto deve essere perfettamente orizzontale rispetto agli assi di spostamento dell'estrusore.

Le stampanti industriali hanno dei sistemi di livellazione automatico mentre le stampanti "consumer" hanno diversi metodi più o meno ingegnosi per ottenere il risultato voluto. È importante scegliere una stampante che abbia un metodo semplice di calibrazione.

## **Materiali consumabili**

Sono da preferire le stampanti che supportano il maggior numero di materiali (PLA, ABS, ecc). Ad esempio, realizzare una stampante che tratta solo il PLA è meno costoso che realizzarne una che stampi anche in ABS, ma è un limite talvolta molto grosso poiché i diversi materiali hanno diverse proprietà (estetiche, di resistenza, durezza, flessibilità, ecc.) e durante la progettazione può capitare di avere necessità diverse. Per la scuola è raccomandabile usare materiali con il minor impatto sull'ambiente e sull'aria e tra PLA e ABS è da preferire il primo che è un termopolimero generato dalla fermentazione del mais, non è biodegradabile in condizioni naturali ma è idrosolubile a temperature superiori a 70-80°C.

Bisogna fare anche attenzione alle stampanti che usano cartucce proprietarie acquistabili solo dal fornitore della stampante. Questo può creare svariati problemi. Il primo è quello del costo (alcuni materiali "proprietary", che in realtà sono assolutamente comuni ma confezionati

diversamente costano 5-8 volte in più del normale). Il secondo, ancora più importante è quello dell'approvvigionamento. E se il produttore della stampante smettesse di fornirlo tra un anno o due, perché ha aggiornato i modelli, che utilizzano cartucce di formato diverso? Si chiama "obsolescenza programmata", ed è un fenomeno piuttosto diffuso per obbligare l'acquirente ad un nuovo acquisto quando la macchina è ancora perfettamente funzionante.

## Connettività

Per quanto riguarda le esigenze legate alla connettività, durante l'attività svolta con Doodle3D non si sono riscontrati problemi di rilievo poiché viene creata una rete wifi proprietaria aperta, inoltre l'interfaccia web di disegno è talmente semplice che funziona bene con ogni dispositivo di navigazione utilizzato.

Per operare con Tinkercad, come si è visto, è necessario accedere a Internet. Molte scuole offrono una connettività wifi legata alla rete civica municipale locale. Spesso questo tipo di connettività è debole, discontinua e soggetta a vincoli di navigazione limitanti. Non è la condizione ottimale. Si è lavorato meglio nelle scuole aventi una connessione ADSL autonoma, possibilmente con banda garantita e access-point wifi dimensionati in modo adeguato per il numero di accessi contemporanei esistenti a scuola.



# 7

## Un sistema di stampa opensource per la scuola: in3Dire

**Luca Bassani, Alessandro Ferrini, Lorenzo Guasti**

*In questo capitolo, nel quale la prospettiva tecnologica diventa prevalente, viene descritto un sistema in grado di rendere ogni scuola in grado di disegnare e stampare in 3D all'interno di un ambiente completo e sicuro, anche senza connessione a Internet. Attraverso pochi passi sarete in grado di ricreare il sistema presso la vostra scuola.*

### 7.1 Il Sistema in3Dire

La stampa 3D in ambienti scolastici non può prescindere dalla facilità d'uso e dalla sicurezza però si trovano spesso stampanti che non sono progettate specificamente per questi ambienti, ma per situazioni più legate al mondo dei "makers" o dei **Fab Lab** dove tutti gli operatori sono persone generalmente esperte.

Installare questi strumenti in locali dedicati, come laboratori polifunzionali, diversi da quelli dove si svolgono le attività educative risolve la maggior parte dei problemi legati alla sicurezza, ma ha il grosso difetto di far perdere alla classe la possibilità di osservare da vicino tutte le fasi di stampa: veder crescere il proprio modello strato per strato è fondamentale per ottimizzare la stampa e per capirne profondamente il processo, ma anche per intervenire tempestivamente in caso di problemi.

Le modalità per poter eseguire una stampa sono generalmente due: collegando fisicamente un computer alla stampante tramite cavo USB, oppure salvare il file da stampare in una chiavetta

USB (o eventualmente una scheda SD) e inserirla nella stampante. Se abbiamo la stampante in un locale diverso dovremo prevedere di spostarci dalla classe per poter operare e talvolta potrebbe essere problematico.

Partendo da queste considerazioni il gruppo di lavoro di Indire che fa parte del progetto di ricerca ha individuato dei prodotti software ed hardware che opportunamente configurati sono andati a costituire quella che si ritiene una soluzione accessibile alla maggior parte delle scuole, purché esistano al loro interno delle persone aventi una minima competenza informatica.

L'hardware che si ritiene possa assolvere al compito stabilito è un microcomputer di tipo SBC (Single Board Computer) chiamato Raspberry PI (<https://www.raspberrypi.org>), delle dimensioni di una carta di credito e del costo inferiore ai 40 euro, ma con prestazioni sufficienti a realizzare un server di servizi di vario genere. Al momento della scrittura del libro, è stato usato il modello Raspberry PI 2 B v1.1 e dunque tutte le indicazioni e soluzioni indicate sono riferite a questo modello, ma il rimando ai tutorial online consentirà di rimanere sempre aggiornati in termini di hardware e software.

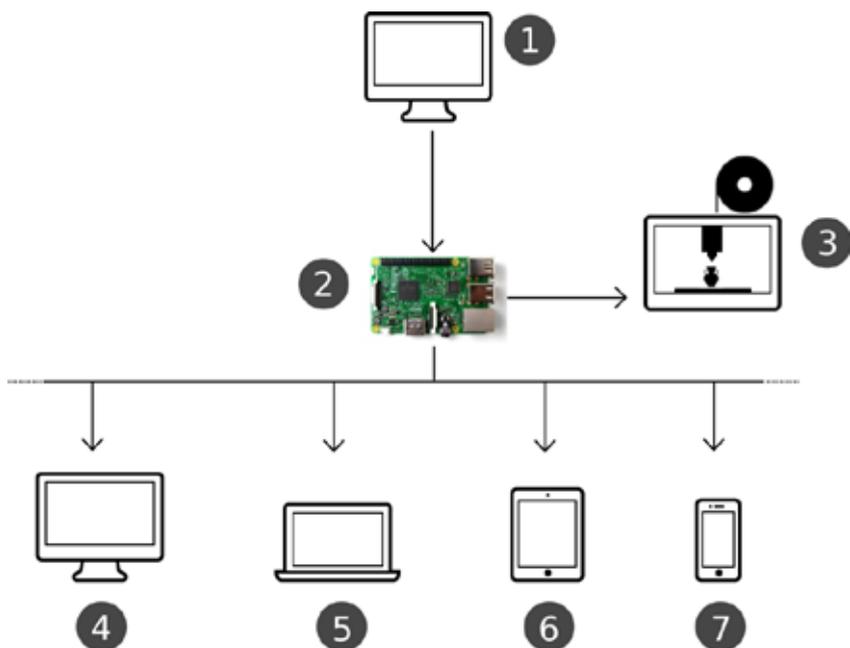
Per quanto riguarda il software, per minimizzare le operazioni relative alla configurazione del server e dei servizi annessi, nella pagina web dedicata al progetto, che sarà indicata al termine del capitolo, si potrà scaricare una immagine dell'intero sistema operativo già installato e configurato che sarà possibile copiare sulla SD card del RaspberryPi e che lo renderà immediatamente operativo.

Per quanto riguarda il software di controllo della stampante 3D è stato scelto un prodotto open source, molto comune tra gli addetti ai lavori, denominato Octoprint (<http://www.octoprint.org>), la sua funzione principale è quella di mettere a disposizione un pannello di controllo della stampante che è raggiungibile ed utilizzabile collegandosi via wifi al server e accedendo con il browser di un qualunque device come pc, tablet o smartphone, anche se in quest'ultimo caso le dimensioni ridotte dello schermo lo rendono un po' meno usabile.

Il sistema concepito consente di allestire un ambiente che risponde al seguente schema d'uso, dove il device N° 1 è del docente, il N° 2 è il Raspberry PI configurato come server, il N° 3 è la stampante 3D e i device dal N° 4 al N° 7 sono quelli degli studenti.



**Figura 1.** Il Raspberry PI 2 B v1.1



**Figura 2.** Lo schema di funzionamento

In pratica il docente gestisce il servizio nella modalità di amministratore, il quale si occupa di attivare la connessione alla stampante 3D e di monitorare che le attività procedano regolarmente, da questo momento in poi tutti gli studenti potranno eseguire dai loro device una stampa 3D e seguirne tutto il processo in remoto.

Per poter completare la configurazione sono necessari altri hardware da usare insieme al Ra-

**Figura 3.** A sinistra il dongle WiFi USB, a destra invece la web camera



spberry PI, un dongle WiFi USB e una web camera, come illustrato nelle foto seguenti.

Questi strumenti hanno un costo sempre molto contenuto. Il primo ha la capacità di dotare il Raspberry PI delle funzionalità WiFi, mentre la web camera permetterà all'utente remoto di seguire visivamente in streaming tutto il processo di stampa. Il server alla fine del montaggio si presenterà così:



**Figura 4.** Il Raspberry PI completo del dongle e della web camera

Naturalmente per utilizzarlo al meglio sarà necessario dotarlo di una scatola di protezione ("case"), ne esistono di tutte le forme e dimensioni, sarà possibile comprarla, scaricarla gratuitamente, oppure stamparla in autonomia, magari disegnandola da zero. All'interno del progetto di ricerca abbiamo progettato un case ottimizzato e di dimensioni molto ridotte, visibile in Fig. 5, i file necessari alla stampa saranno messi a disposizione per il download.



**Figura 5.** Il case in3Dire

Per spiegare al meglio il potenziale di in3Dire sono inevitabili alcuni dettagli tecnici sul funzionamento. In pratica il dongle WiFi non serve a connettere il Raspberry PI ad una rete scolastica esistente, ma per crearne una nuova che sarà usata solo dagli utenti che lavorano al progetto. Gli studenti e gli insegnanti si dovranno connettere ad essa per poter usufruire ai servizi messi a disposizione da **in3Dire**.

**in3Dire** infatti, come è stato anticipato, non si limita alla funzione di rendere raggiungibile la stampante 3D via rete WiFi, ma è stato completato da tutta una serie di servizi che vanno a completare l'intero processo di stampa, il disegno, la gestione dei file relativi, il monitoraggio visivo e telemetrico delle stampe, la documentazione delle esperienze, la condivisione di materiali tra docenti e studenti, il tutto in piena sicurezza visto che al di fuori del raggio d'azione della rete WiFi di In3Dire non potremo vedere o usare nessuno dei servizi.

A bordo di **in3Dire** troviamo i seguenti software:

- **Octoprint:** è il software che si usa per la gestione della stampante 3D e delle stampe che si andranno a eseguire (<http://octoprint.org>).

- **SugarCAD:** è il software (sviluppato interamente all'interno di Indire) che permette agli utenti di disegnare e modellare le forme da stampare.
- **Owncloud:** è un software cloud che serve sia per la gestione di un archivio personale relativo alla stampa 3D come disegni, file STL o GCODE che vengono usati dalla stampante 3D e alla loro eventuali condivisione tra utenti riconosciuti in modo di stimolare una metodologia di lavoro collaborativa, o anche semplicemente per poter mettere in grado il docente di assegnare automaticamente dei compiti a tutta la classe, e successivamente di ricevere gli elaborati svolti dagli studenti senza dover eseguire nessun invio manuale (<https://owncloud.org>).
- **Wordpress:** è uno dei CMS (content management system) più diffusi al mondo, il suo compito è quello di gestire blog o interi siti senza che sia necessaria nessuna competenza di programmazione web. Nel nostro caso sarà utile per scrivere un diario o una documentazione condivisi da parte di tutta la classe (<https://wordpress.org>).

Per poter mettere a disposizione tutti questi strumenti **in3Dire** è stato configurato come se fosse un server web, è quindi completo di servizi attivi in background come Apache2 (<http://apache.org/>) e il db MySQL (<https://www.mysql.it/>). Ciò significa che è un sistema completamente espandibile e personalizzabile secondo le singole esigenze di classe, laboratorio o istituto, limitatamente alle prestazioni del nostro Raspberry PI.

## 7.2 SugarCAD

Come abbiamo detto più volte nel libro, per poter creare e gestire gli oggetti da stampare in 3D è necessario utilizzare dei software di disegno tridimensionale, che ne permettano la “modellazione”. Sul mercato sono presenti numerosi programmi ognuno con i propri pregi e difetti. Per colmare le lacune dei programmi esistenti e cercare di ricoprire esattamente le esigenze di progetti come quello presentato in questo libro, è stato sviluppato internamente a Indire un software gratuito, con un'interfaccia di utilizzo semplice e intuitiva, e soprattutto “web-based”, cioè utilizzabile direttamente da un qualsiasi browser e, cosa molto importante, da **qualsiasi device** (come ad esempio computer, tablet o LIM). Nel caso di SugarCAD, essendo disponibile nel sistema in3Dire non è indispensabile una connessione a Internet ma è sufficiente il wifi fornito dal server locale.

Il software che permette di rispondere alle particolarità dell'ambiente scolastico è Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>), un software molto intuitivo e ben fatto di proprietà di Autodesk (<http://www.autodesk.com/>). Partendo da quel modello si è voluto sviluppare un prodotto maggiormente vicino alle esigenze dell'ambiente scolastico, poichè, nella fase di sperimentazione nelle scuole, sono emersi alcuni problemi relativi ad esempio alla difficoltà di utilizzo del programma con alcuni modelli di LIM oppure, problema assolutamente da non sottovalutare, la

difficoltà di lavoro in presenza di una scarsa qualità della connessione internet che va a impattare negativamente con il funzionamento di un software web-based disponibile solo su Internet. Bisogna inoltre tener presente che ogni software, per quanto ben fatto, viene creato sulla base di scenari identificativi di una specifica utenza o target, e quindi in generale è difficilmente adattabile ad esigenze diverse, quali ad esempio quelle degli studenti della scuola, specialmente Infanzia e Primaria.

Considerando questo, dagli esiti della sperimentazione sono state identificate alcune possibili migliorie:

- fornire uno strumento direttamente integrato nel sistema in3Dire;
- eliminare la dipendenza dalla connessione internet;
- migliorare la user-experience su device diversi dai computer, quali LIM o tablet;
- eliminare la necessità di creare un account per utilizzare il software: non è detto che i bambini della Scuola dell'Infanzia possiedano una propria email con la quale registrarsi;
- fornire alle scuole uno strumento semplice e con funzionalità e interfacce scalabili (a seconda del grado della scuola).

Queste caratteristiche derivano dall'esperienza maturata dopo due anni di sperimentazione in classe con il progetto di ricerca e hanno condotto i ricercatori verso una soluzione personalizzata e al tempo stesso disponibile gratuitamente per tutti. Il software in oggetto si chiama SugarCAD. SugarCAD è stato sviluppato tramite una delle più recenti tecnologie, messe a disposizione dalla recente evoluzione del web, chiamata WebGL (<https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/1.0/>), che permette di realizzare e gestire grafica 3D direttamente nei browser senza bisogno di installare programmi aggiuntivi.

Tramite SugarCAD il team di sviluppo è stato in grado di rispondere alle esigenze riportate sopra, in particolare il software è integrato nel pacchetto in3Dire fornito in dotazione alle scuole e sarà disponibile sui server Indire per un uso su larga scala.

Anche in assenza di connessione Internet SugarCAD continuerà a funzionare senza problemi: il server Raspberry Pi, infatti, come citato in precedenza, crea una rete privata wifi alla quale gli utenti possono accedere con i loro device.

In linea con la filosofia promossa dal movimento open source, dal momento che il codice sorgente è disponibile per gli sviluppatori, il software può essere continuamente migliorato e adattato ai vari device utilizzati nelle scuole.

Particolare attenzione viene rivolta all'interfaccia di utilizzo, per la quale è necessario un continuo confronto con figure anche non tecniche come ad esempio psicologi, pedagoghi e insegnanti, che forniscono consigli e suggerimenti preziosissimi per migliorarne le funzionalità.

Come precedentemente accennato, per accedere alle funzionalità di SugarCAD non è necessario essere registrati, il software permette comunque di modellare le nostre forme e di scaricarle per utilizzi futuri (ad esempio per stamparle o modificarle in seguito).

Gli utenti registrati invece avranno a disposizione uno spazio cloud in cui poter archiviare i propri progetti (senza bisogno di scaricarli sul proprio device) ed eventualmente condividerli con altri utenti.

SugarCAD è stato pensato per essere utilizzato da studenti (e docenti) di livelli scolastici differenti ed è quindi dotato di diverse interfacce che mettono a disposizione strumenti più o meno avanzati. Ad esempio ai bambini della scuola primaria e secondaria viene fornita la possibilità di inserire forme predefinite (cubi, cilindri, coni, sfere, e così via) e di interagire in maniera più o meno complessa con esse, mentre gli studenti della Scuola dell'Infanzia potranno creare forme personalizzate, disegnandole "a mano", un po' come avviene adesso con Doodle3D.

SugarCAD è disponibile all'indirizzo: <http://3d.indire.it/sugarcad>.

Nelle Fig. 6, 7 e 8 vengono presentati alcuni esempi di forme.



**Figura 6.** Alcune forme di base (da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso): cilindro, testo, cubo, toro, cono, icosaedro, sfera

Alcune forme di base (da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso): cilindro, testo, cubo, toro, cono, icosaedro, sfera.



**Figura 7.** Forma avanzata: calice (solido di rotazione)



**Figura 8.** Forma avanzata: solido non ben definito (solido di estrusione)

## Come ottenere il sistema in3Dire

Poichè si tratta di un progetto continuamente in aggiornamento, con miglioramenti molto frequenti si è preferito, rispetto all'ipotesi di allegare un DVD, di fornire il link alla pagina web dove poter scaricare il software aggiornato e tutte le istruzioni necessarie. Per scaricare la versione di **in3Dire aggiornata** è possibile andare alla pagina del progetto <http://www.indire.it/progetto/maker-a-scuola/in3dire> dove vi sono tutte le informazioni e le istruzioni necessarie.



# 8

## Per un approccio “digital humanities” tra pensiero e immagini

*Alberto Parola*

Le proposte ministeriali degli ultimi anni hanno impresso una notevole accelerazione ed un cambiamento sostanziale in relazione alla gestione di fondi, metodi e idee da parte della scuola italiana, soprattutto nell'ambito della cosiddetta Scuola Digitale. Se ciò è accaduto è possibile tuttavia rilevarlo in pochi e fortunati casi, mentre la maggior parte degli istituti fanno fatica a seguire un ritmo incalzante dettato dal susseguirsi continuo delle occasioni progettuali e, di conseguenza, dalle scelte strategiche di Dirigenti e insegnanti, soluzioni che al momento restano in attesa di un riscontro di evoluzione e crescita evidenti. Serve ancora tempo per osservare questi cambiamenti, sperando che tali modalità d'azione non determinino un allargamento ulteriore della forbice tra scuole “bloccate” e scuola virtuose. Tuttavia, se vogliamo trarre aspetti positivi da questa situazione, è possibile ragionare in modo sostenibile sulle direzioni da intraprendere, soprattutto con coloro che hanno accettato di far parte con varie motivazioni di questa partita (animatori digitali e relativo team). I progetti legati alla stampante 3D, nei vari ordini, sono e saranno gestiti da questa nuova figura strategica. Dalla formazione realizzata durante il primo anno di attività è emerso un diffuso disagio in relazione alle priorità e alle azioni da intraprendere: ciò significa che ancora non sono state definite in modo chiaro le condizioni per interpretarlo al meglio. Su questo livello di riflessione anche le Scuole dell'Infanzia si devono organizzare seppur in modo differente rispetto ai livelli successivi. Si tratta di un ambiente di vita che, per ovvie ragioni, è già pronto per assimilare i suggerimenti in termini di “competenze

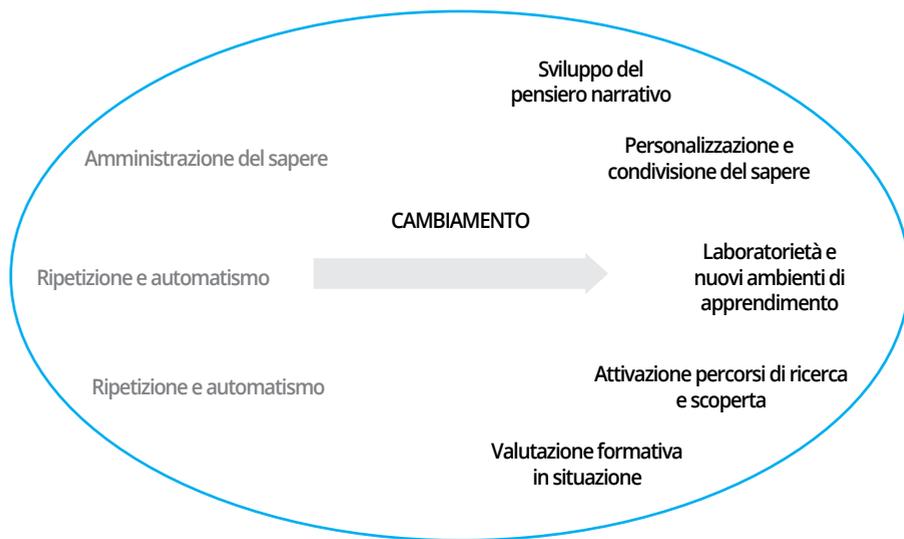
mediali" e digitali, pur sapendo che il concetto in questa fascia d'età va concepito più in termini di propedeuticità che di definizione e completezza. In sostanza, nella Scuola dell'Infanzia è già possibile gettare le fondamenta per un curriculum digitale, all'insegna di una verticalità che parte proprio da metodi consolidati, i quali possono offrire un equilibrio armonico tra reale (manipolazione, movimento, ecc.) e, per così dire, "virtuale" (uso di tablet e pc per disegnare, interagire con software, scattare fotografie e così via), condizione fondamentale per un procedere corretto durante la crescita di ciascun alunno e il consolidamento delle risorse utili al perfezionamento delle loro capacità e personalità. Il "Movimento maker" è certamente una formula perfettamente adattabile in questo contesto: si tratta di un approccio media-educativo che, scaldando i motori sin dalla prima infanzia, consente di gettare le basi per un approccio alle competenze ("raccolta di mattoncini-risorsa", organizzazione, evoluzione, integrazione, trasferimento a problemi nuovi) che possa includere il pensiero narrativo allo scopo di indurre lo sviluppo di un saper fare, appunto, competente attraverso le storie, aspetto di certo confacente ad un insegnante destinato a ragionare in ottica "digitale", abituato ad agire *hands-on*, utilizzando le mani per creare e insegnare a creare. Tutto ciò in un contesto che necessariamente dovrebbe mantenere un equilibrio dinamico tra pensiero narrativo e pensiero paradigmatico in tutti gli ordini di scuola, nella direzione di un pensiero sistemico e digitale/transmediale funzionali ad affrontare la complessità del reale.

Il progetto *Costruire giocattoli con la stampante 3D* rappresenta una ricerca d'avanguardia nel nostro Paese. Mette in gioco innumerevoli capacità dei bambini coinvolti e offre alla scuola una prospettiva di ampio respiro con un approccio sperimentale che potrà favorire sia le discipline STEM, più orientate al pensiero paradigmatico, sia quelle di stampo più umanistico attraverso il pensiero narrativo. Ci piace pensare, tuttavia che tra i due approcci, oltre all'equilibrio cui abbiamo menzionato poca sopra, vi sia una compenetrazione totale e completa, costruendo le basi per un'applicazione dell'approccio nomotetico al mondo "humanities", invertendo le copie, e di un approccio legato alle storie in riferimento alla ricerca scientifica. Il concetto di "digital humanities" denota una sintesi assai intrigante per il futuro: trattandosi tutt'altro che di un osimoro diviene una via da seguire in ottica curricolare, ma anche nella formazione successiva, sia in ambito di alternanza scuola-lavoro (ancor distante per questi alunni), sia in relazione al collegamento tra università e mondo del lavoro (ancor più distante, ma con scenario complesso e competitivo all'orizzonte). Il lavoro del futuro, possiamo dirlo con una certa convinzione, sarà certamente incentrato su questi ingredienti.

Ciò che il progetto evidenzia e fa emergere molto chiaramente sono indicati qui di seguito, sinteticamente, in due punti.

**Un lavoro propedeutico allo sviluppo del pensiero guidato dalle emozioni.** Operare il passaggio dalla scuola del "qui ed ora" (focus su conoscenza, disciplinarietà, formalizzazione)

alla scuola del “là e allora” (focus su verticalità, trans-disciplinarietà, narrazione, competenze) consentirebbe all’istruzione di intraprendere un percorso fondato sul pensiero narrativo (Bruner, 2003) e sul pensiero sistemico (inteso come capacità di gestire contesti di vita micro e macro nel reale complesso, analogico e digitale), attraverso una formazione degli insegnanti che attraversa l’apprendimento trasformativo (Mezirow, 2003, 2016), fattore che ne aumenterebbe la predisposizione alla riflessione e progettazione “in ricerca” (Parola, 2012). Questo cambiamento, come detto, ancora là da venire, è possibile vederlo sintetizzato nel Graf. 1 senza presunzione di definizione o completezza.



**Grafico 1.** Il passaggio dalla scuola delle conoscenze alla scuola delle competenze

Educare al pensiero è certamente presupposto irrinunciabile per le attività di stampa 3D, in special modo per lo sviluppo di capacità previsionali<sup>1</sup>, ma anche il cosiddetto pensiero creativo mostra un ruolo significativo, poiché le soluzioni ipotizzate convergono verso canali precostituiti e, allo stesso tempo, aprono necessariamente nuove vie per la soluzione di problemi nuovi aperti a differenti percorsi cognitivi e intuitivi. Il concetto di tecnologie emotive, infine, fa emergere un aspetto affettivo che completa ottimamente il quadro apprenditivo, coniugando una base propedeutica costituita da processi del pensiero e componenti affettive e, in parte, meta-cognitive, laddove il rapporto tra “prova ed errore” e “ipotesi-verifica” consente al bambino di riflettere e migliorare il risultato ottenuto. Inoltre, l’ambiente in cui avvengono perlopiù le interazioni insegnante-alunno/i, tra i pari e tra i bambini e la tecnologia deve necessariamente essere progettato di modo che la tecnologia stessa favorisca le dinamiche apprenditive e non

<sup>1</sup> Per approfondimenti, si veda il testo di Rivoltella, P. C. (2014) *La Previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica. La Scuola*, Brescia.

tenda a rallentarle o peggio ancora, a soffocarle. Il concetto di *affordance emotiva*, nel nostro caso, è pienamente calzante, soprattutto in un contesto nel quale pensiero ed emozione si compenetrano ad ogni istante.

Uno degli assunti del metodo riflessivo, secondo Lipman, autore dell'*Educare al pensiero* (2005) recita che a) «l'educazione è il risultato della partecipazione alla comunità di ricerca guidata dall'insegnante, tra i cui obiettivi vi è l'acquisizione della capacità di comprendere e di "giudicare bene"» (ivi, 29), che b) «è la modalità mista [di pensiero procedurale o sostanziale, quest'ultimo riferito al contenuto] generata dalla sovrapposizione di queste due forme semplici» (ivi, 37) e, inoltre, che c) «comprende il pensiero ricorsivo, [...] metacognitivo, [...] autocorrettivo [...]» (ibidem). Questi aspetti, che ci giungono da un autore che si concentra preferibilmente sull'aspetto filosofico dello sviluppo del pensiero risulta assai utile se applicato in ottica laboratoriale, sia sulla linea processuale che in quella creativa. Infatti «l'unione o la sintesi tra gli elementi intellettivi ed emotivi fanno sì che il processo inventivo sia il risultato di un'idea "direttrice" la quale guida e stimola un certo gioco che, anche se svolto spontaneamente, è sempre sorvegliato dalle idee e dalle immagini, come pure da nuove idee e nuove immagini, fino al punto in cui la tendenza direttrice ritiene conseguito il risultato desiderato» (Trombetta in Antonietti & Molteni, 2014, p. 48). Inoltre, in riferimento al rapporto tra tecnologie ed emozioni, possiamo sostenere che la virtualità può essere intesa come tecnologia emotiva in grado di offrire opportunità, ovvero affordance emozionali personalizzate, in grado di migliorare la qualità della vita delle persone (Villani, Grassi & Riva, 2011), anche perché «grazie alla capacità dei nuovi media di attivare elevati livelli di presenza, diventa possibile pensare di utilizzarli per indurre esperienze ottimali positive» (ivi, 144).

**Il focus sulle immagini mentali e la capacità immaginativa.** Il secondo tema per noi centrale è riferibile ad una specifica abilità mentale, cioè la capacità di un bambino di rappresentare in vario modo il suo mondo attraverso la creazione e trasformazione di immagini. Lo sviluppo di capacità cognitive e di abilità visuo-spaziali all'interno di questo progetto è certamente innegabile, ma occorre che gli insegnanti assorbano rapidamente l'importanza del rapporto tra cognizione, emozione e immaginazione e la cultura della generalizzazione dei comportamenti osservati (estrapolando evidenze da condividere con i colleghi e, se possibile, con la comunità scientifica). L'attività mette insieme immagine, corpo e linguaggi, secondo le *Indicazioni Nazionali* e, da questo punto di vista, entra a pieno titolo nel ventaglio di percorsi utili per sviluppare molti degli apprendimenti previsti dalle nostre politiche educative. Secondo Benedan e Antonietti (1997) «[alcune] indagini provano l'esistenza di rapporti tra soluzione di problemi logico-matematici e abilità di ricostruzione mentale di immagini [...], tra soluzione di problemi spaziali e capacità di controllo di immagini mentali [...], tra soluzione di problemi strumentali e capacità di rotazione di immagini mentali» (ivi, 32-33) e ciò comincia a suggerire che, seppur in forma rudimentale, tali operazioni, fin dall'età di cinque anni, possono essere realizzate con esercizi semplici ma

efficaci. Anche Di Nuovo (1999) ricorda quanto l'equilibrio tra il linguaggio parlato e l'uso delle immagini prodotte mentalmente possa essere un buon viatico per questi progetti, affermando che «la tendenza ad usare sia le verbalizzazioni che le immagini mentali sembra correlata ad una migliore gestione complessiva delle competenze cognitive, mentre la netta preferenza per una delle due componenti stilistiche comporta dei problemi quando si devono affrontare compiti complessi» (ivi, 31). Inoltre, l'autore afferma che «la formazione e la gestione di un'immagine mentale coinvolge una serie di componenti molto diverse tra loro: comprensione delle istruzioni; accesso alle informazioni nella memoria a lungo termine; attivazione di ricordi appropriati circa l'oggetto da immaginare; corrispondenza tra l'informazione semantica e l'apparenza dell'oggetto; generazione dell'immagine; resoconto verbale del risultato dell'ispezione dell'immagine» (ivi, 34), ponendo in evidenza la varietà di itinerari didattici attivabili con l'uso della stampante 3D.

In sostanza, in riferimento alla scelta di un apprendimento di tipo esperienziale, Campione sostiene che «l'attuale organizzazione scolastica è costruita in funzione di un apprendimento di tipo simbolico» (in Bagnara et al., 2014, p. 23), che può al massimo produrre conoscenze ricavate da modalità di apprendimento mediante una comunicazione di tipo trasmissivo [...] “parola inadeguata all'acquisizione di competenze che passano invece attraverso l'apprendimento sensoriale” (ibidem), più legato a conoscenze implicite, stabili e permanenti. Ciò conferma quanto si è detto poco sopra. In relazione agli ambienti di apprendimento, l'autore sostiene che «devono consentire di: ricercare informazioni, identificare obiettivi e soluzioni, comunicare (esprimere ed ascoltare), confrontarsi, costruire artefatti mentali, discutere tesi, lavorare in gruppo, gestire creatività ed emozioni» (ivi, 63), tutti aspetti rilevati durante le sezioni osservative condotte durante i percorsi didattici del progetto. A proposito, invece, della collaborazione tra le neuroscienze e l'educazione (educazione neuro-artistica) Olivieri, riferendosi a Dewey, afferma che «le forme d'arte sono state da tempo identificate come attività cognitive ampiamente impegnative che contribuiscono allo sviluppo di strumenti di pensiero quali la percezione focalizzata e l'osservazione attenta del mondo» (ivi, 221) e che, in relazione ai vantaggi comprovati di un curriculum scolastico basato sull'integrazione artistica (compreso il livello dell'infanzia, aggiungiamo noi), citando tra gli altri punti posti in evidenza, il fatto che «l'arte trasforma l'ambiente di apprendimento [...] la scuola diventa un luogo di scoperta [e] le condizioni per l'apprendimento risultano migliori» (ivi, 231).

Per concludere, questo approccio, che vede la stampante 3D protagonista di percorsi coerenti con le **Indicazioni Nazionali**, calati in modo sapiente in un contesto già pronto per accoglierli, seppur con le difficoltà del caso e i tempi necessari per un training propedeutico di insegnanti e alunni, pone in risalto elementi straordinariamente importanti in tutti gli ordini di scuola quali l'uso delle rappresentazioni mentali in modalità “gamificata”, un apprendimento trasformativo per la comunità educativa, la germinazione contemporanea delle discipline STEM e “humanities”, diverse forme potenziali di *self efficacy* anche attraverso attività di *re-mixing e re-designing*

(esattamente come avviene nel web), a patto che la *makification* non diventi una nuova forma di animazione senza verifiche. Se ben condotte, queste attività, potranno rinforzare l'idea di una *evidence based education* (EBE) di cui la pedagogia potrebbe far tesoro, soprattutto per qualificarsi come disciplina “scientifica” a tutti gli effetti.

# Appendice

## La testimonianza del lavoro in classe<sup>1</sup>

*In questo capitolo si riportano le schede relative alle esperienze delle maestre delle scuole che hanno partecipato al progetto di ricerca **Maker@Scuola** di Indire.*

*Tale sezione è per noi particolarmente importante a fronte della convinzione che qualunque innovazione tecnologica può “entrare” all’interno della scuola solo se le docenti vengono realmente coinvolte nelle pratiche di utilizzo. Nel caso della sistematizzazione del percorso didattico con la stampante 3D l’interazione con il corpo docenti è sempre stato una risorsa importante per tale ragione abbiamo chiesto di condividere per scritto l’esperienza.*

<sup>1</sup> L’attività di raccordo delle esperienze delle scuole qui presentato è a cura di Jessica Niewint-Gori.

## Scuola infanzia “Andrea del Sarto”

**B. Castigliola, S. Guidi,  
M. R. Maddalena**

La Scuola dell'Infanzia “Andrea del Sarto” conosce Indire e il suo progetto **Costruire giocattoli con la stampante 3D**, nell'anno scolastico 2014/2015 e con entusiasmo e curiosità approccia a quello che subito è apparso un metodo di didattica decisamente innovativa. La nostra scuola vive una didattica sperimentale- innovativa basata sul concetto del bambino attivo nel progetto **SAPER VEDERE** in atto già dagli anni 70, della pedagoga Idana Pescioli, ma sicuramente il progetto dell'Indire e l'uso di strumenti tecnologici come la LIM e la stampante 3D hanno portato un'aria nuova e molto futuristica. I 16 bambini di 4-5 anni, scelti nel gruppo di 96 bambini di età eterogenea, hanno dimostrato un forte interesse e dopo un breve tempo di apprendimento sull'uso dei due software proposti Doodle3D e Tinkercad il percorso si è svolto serenamente e senza alcuna problematica. La nostra costante metodologica delle tre “P” - Pensiero - Progetto - Prodotto - ha, quindi, trovato una risoluzione veloce nell'uso della LIM e della stampante stessa. I bambini pensano a ciò che devono realizzare, lo riproducono graficamente, trasferiscono il loro progetto sulla LIM e la stampante crea tridimensionalmente il loro prodotto. Nell'anno scolastico in corso, con il progetto **Uno**

**strano furto**, i bambini coinvolti sono stati particolarmente impegnati dovendo interpretare graficamente ogni personaggio e oggetto proposto dalla ricerca e poi dividerlo nel grande gruppo. La condivisione progettuale e la collaborazione nella realizzazione del plastico hanno infine creato grande gioia e soddisfazione per tutti. La nostra considerazione al termine del secondo anno di lavoro è di estrema positività per questo supporto offerto dalle nuove tecnologie che hanno permesso un ampliamento dell'offerta formativa già in atto e un invito per nuovi progetti di didattica sperimentale per la Scuola dell'Infanzia.

## Istituto comprensivo di Sigillo - Scuola infanzia “G. Agostinelli”

**M. T. Capponi, I. Sborzacchi**

Nella nostra scuola il progetto Indire è stato svolto con un gruppo sezione di 16 bambini composto da 11 femmine e 5 maschi.

**Il bosco delle meraviglie** [Uno strano furto] è la storia che li ha coinvolti e li ha visti attori, artisti, narratori, creatori, programmatori e critici, accompagnandoli per un anno nel percorso di crescita. Si sono misurati con le loro capacità, hanno provato, sbagliato, migliorato e nel farlo hanno provato grande autogrificazione e la percezione di sé, l'autostima, la fiducia in

se stessi e nei propri mezzi è cresciuta, contribuendo così a porre le basi di una solida identità personale e una costruzione positiva del proprio io.

Il tutto si è svolto in un clima di serena collaborazione, in un ambiente strutturato e programmato nei tempi e negli spazi, scandito da ritmi precisi affinché ognuno potesse con facilità e spontaneità svolgere le attività, sperimentare e apprendere nelle modalità proprie di quest'età.

Meraviglioso è stato vedere nei volti dei bambini lo stupore e l'eccitazione per ciò che via via si proponeva e per tutte le attività che accompagnavano i compiti necessari affinché la storia potesse proseguire. Non c'è stato bambino che si sia tirato indietro di fronte alle difficoltà incontrate; tutti si sono sentiti non solo coinvolti, ma indispensabili per la realizzazione del progetto, consapevoli anche della straordinarietà di questo cammino.

Chi spesso vive l'insuccesso con grande frustrazione, ha trovato in questa modalità di didattica il suo spazio ideale, più congeniale e mai ha manifestato i suoi "tipici" momenti di crisi davanti alla difficoltà o all'insuccesso; vedere materializzarsi sul piatto della stampante il proprio lavoro è stata fonte di grande gioia e soddisfazione. Oltre alla realizzazione del plastico del bosco con materiali di recupero, con i bambini abbiamo raccolto e documentato le attività su dei cartelloni che poi abbiamo appeso ai muri in modo che fossero visibili a tutti e in primo luogo a loro e questo gli

ha permesso di ritornare spesso sul percorso fatto e riflettere anche a distanza di tempo, tenendo vivo e costante l'interesse.

Inatteso, privilegiato, straordinario percorso di crescita professionale anche per noi docenti che ci siamo buttate in questa avventura spinte da una voglia di ampliare il nostro orizzonte di conoscenze, di testare i propri limiti, ma travolte anche dall'entusiasmo dei bambini, dalla loro curiosità, dalla contagiosa euforia e da un mondo esterno che richiede competenze più ampie le cui basi possono essere poste sin dall'età prescolare poiché i bambini hanno dimostrato di poter raggiungere i prerequisiti necessari per svilupparle.

Certamente i compiti sono stati impegnativi per il lavoro che hanno richiesto, ma le criticità incontrate durante l'anno scolastico hanno riguardato soprattutto l'uso della tecnologia. Abbiamo scoperto che Tinkercad si può usare alla Lim solo se sul nostro sistema operativo Window 8 si apre il browser Mozilla Firefox e inoltre la coppia Doodle3D - stampante 3D a volte ha fatto capricci specialmente con il collegamento per la stampa, ma nel complesso con un po' di pazienza e perseveranza siamo riuscite a superare gli ostacoli.

Il compito che ha emozionato più i bambini è stato quello delle orme e del percorso. Le orme, la sabbia cinestetica l'attività di coding unplugged, l'istogramma e soprattutto lasciare molto tempo a questo compito e diversificarlo nelle proposte è

risultato una scelta ottimale.

A fine percorso sottolineiamo l'importanza di tutte le fasi propedeutiche e pre-progettuali del compito perché hanno rappresentato nella sperimentazione la condizione indispensabile per una sua riuscita.

## **Istituto Comprensivo Loreto "G. Solari"**

### **A. Coccia, B. Castellani, C. Del Popolo, G. Pieroni**

Il contesto socio-economico di provenienza dei bambini è medio. La maggior parte della popolazione è costituita da nuclei familiari in cui lavorano entrambi i genitori. Questo fa sì che i bambini frequentino con molta assiduità e per tutto il giorno la scuola; da pochi anni sono presenti alcune unità di famiglie extracomunitarie, di origine soprattutto nordafricane ed esteropee. L'edificio della Scuola dell'Infanzia "B. Gigli" è situato nella frazione di Loreto Stazione, ha un bacino di utenza di 115 bambini, provenienti anche dai vicini quartieri. Il plesso è disposto su due piani: al piano terra è situata la Scuola dell'Infanzia mentre al primo piano la Scuola Primaria. Le due tipologie di scuole condividono alcuni ambienti quali la palestra, la mensa, un'aula polivalente e il laboratorio multimediale del salone della Scuola dell'Infanzia dove è stata posizionata la stampante 3D.

### **Che cosa ha spinto le docenti ad aderire**

La Scuola dell'Infanzia ha visto tanti momenti di cambiamento e di innovazione, ai quali, grazie soprattutto alla buona volontà delle docenti, è riuscita in ogni modo a far fronte. Oggi la sfida da affrontare riguarda l'utilizzo delle nuove e sempre più aggiornate tecnologie. Già da qualche tempo ci stavamo avvicinando al mondo del digitale con i bambini di 5 anni, consapevoli del fatto che la maggior parte dei bambini di oggi fa le prime esperienze di apprendimento mediatico abbastanza precocemente. Di qui la necessità di avvicinarci al mondo digitale proponendo ai bambini attività laboratoriali con l'utilizzo della LIM intraprendendo un piccolo percorso che consentisse di interagire fra i nuovi e i vecchi strumenti multimediali. Due anni fa la Dirigente Scolastica dell'Istituto Comprensivo in cui operiamo, ha proposto un progetto per la Scuola dell'Infanzia molto innovativo e complesso dal titolo: **Costruire giocattoli con la stampante 3D**. Ci siamo confrontate fra colleghe e dopo qualche riflessione abbiamo accettato la sfida con entusiasmo e, subito dopo, abbiamo conosciuto i ricercatori Indire. Ci veniva chiesto di partecipare ad una innovativa ed unica esperienza che prevedeva l'utilizzo nella didattica della stampante 3D attraverso due software (Doodle3D e Tinkercad), indagando il ruolo dell'approccio "tinkering" e più specificatamente delle pratiche di fabbricazione a supporto dello sviluppo

di competenze scientifiche ed espressive nel contesto della Scuola dell'Infanzia, allo scopo di individuarne eventuali applicazioni didattiche.

### **Documentazione del progetto**

Le docenti interessate nel progetto sono state quattro, tuttavia l'intero team insegnante è stato coinvolto in quanto si è reso necessario ripensare e riorganizzare spazi e tempi scolastici. I bambini partecipanti alla sperimentazione sono stati quelli di cinque anni suddivisi in micro-gruppi di 2-3-4 unità ciascuno, a seconda del software utilizzato. Il lavoro si è svolto all'interno della giornata scolastica, generalmente al mattino tra le 10:30 e le 12:00, in situazione di compresenza. Nei due anni di esperienza ci sono stati affidati alcuni compiti da far svolgere ai bambini, riguardanti progettazione e realizzazione di oggetti con la stampante 3D con l'utilizzo dei due software sopra citati.

Al fine di suscitare la motivazione e l'interesse degli alunni, il primo anno abbiamo utilizzato un filo conduttore da noi ideato: la tartaruga Molly, animale con cui i bambini hanno avuto un'esperienza diretta all'inizio dell'anno scolastico creando così un raccordo tra aspetto affettivo e cognitivo. Il secondo anno abbiamo preso spunto dalla storia assegnataci (*Uno strano furto*) rendendola più accattivante con una narrazione multimediale. Tale storia ha visto i bambini impegnati in sei compiti, particolarmente interessante tra questi

ci è sembrato: *Realizzare le orme dei personaggi della storia*. Gli obiettivi che si intendevano raggiungere riguardavano soprattutto gli ambiti della dimensione, misurazione e seriazione in quanto si voleva indagare come, attraverso la realizzazione delle orme dei personaggi con Doodle3D, il bambino ragionasse sulle caratteristiche fisiche dei vari protagonisti (ricordando le indicazioni fornite dal racconto) e sulla misurazione di un percorso realizzato con le varie orme.

Le fasi di lavoro, secondo il metodo TMI sono state le seguenti:

#### **Think:**

- rievocazione delle caratteristiche fisiche dei personaggi
- riflessione in piccolo gruppo sulle dimensioni
- scelta da parte dei bambini dell'orma da realizzare singolarmente

#### **Make:**

- disegno delle orme usando il tablet o la lim
- stampa delle orme realizzate

#### **Improve:**

- verifica del risultato in piccolo gruppo (4 bambini)
- confronto ragionato sulle dimensioni più o meno corrette delle orme realizzate
- miglioramento e modifica dell'oggetto

realizzato ripercorrendo le fasi del think

Successivamente abbiamo costruito con i bambini un plastico riguardante un percorso da eseguire sulla base delle indicazioni topologiche fornite dalla storia.

Obiettivo è stato misurare il percorso con le diverse orme diventate unità di misura non convenzionali che hanno permesso ai bambini di quantificare i passi serviti a ciascun personaggio per raggiungere la meta. In seguito gli alunni hanno realizzato un istogramma confrontando le diverse misurazioni e seriandole in ordine decrescente. Molto interessante è stato osservare come i bambini si siano subito accorti della mancanza nell'istogramma dell'orma di un personaggio che hanno subito provveduto a realizzare e posizionare correttamente.

### **Difficoltà**

Le difficoltà riscontrate in questo percorso sono state molteplici e di varia natura: sicuramente il primo scoglio che noi docenti abbiamo dovuto affrontare ha riguardato la conoscenza e l'utilizzo dei dispositivi multimediali necessari alla sperimentazione. Seppur tutte in possesso di competenze informatiche di base, è stato comunque necessario un grosso sforzo lavorativo e la volontà di investire del tempo al di fuori del proprio orario di lavoro. Tutto questo per comprendere il funzionamento sia della stampante 3D, che dei

due software ad essa collegati. Nonostante questo però, spesso durante le attività è stato indispensabile fermarsi a causa di problemi "tecnici" come ad esempio un'instabile linea wi-fi o la manutenzione della stampante 3D per garantire il funzionamento (filo da cambiare, piatto da calibrare, estrusore da liberare, ecc.). Un'altra problematicità affrontata è stata quella legata all'età dei bambini da coinvolgere nella sperimentazione: durante il primo anno infatti erano stati inseriti nel progetto anche i bambini di 4 anni, che dopo un inizio promettente utilizzando Doodle3D, si sono trovati in notevole difficoltà adoperando l'altro software, Tinkercad. Viste queste complicazioni, è stato quindi deciso di far partecipare solo i bambini di 5 anni.

### **Benefici**

Certamente più numerosi sono stati i benefici che abbiamo tratto da questa esperienza formativa. Principalmente si è notato che, mentre i bambini testano gli oggetti realizzati, ne scaturisce un confronto cognitivo, verbale e relazionale, che sembra dimostrare come attraverso l'approccio ad un problema e la sua risoluzione fatta in modo indipendente o tra pari, si inneschino processi di apprendimento sempre più autonomi e corretti, esercitando le abilità di problem solving. Gli alunni hanno accolto con entusiasmo le proposte fatte loro mostrando pazienza e instancabilità in tutte le fasi di lavoro,

anche laddove si è reso opportuno fare e rifare più volte, mettendo in campo impegno progettuale, riflessioni e soluzioni spesso sorprendenti, tutte competenze queste che concorrono allo sviluppo di un pensiero computazionale. Questa sperimentazione ci ha offerto, inoltre, la possibilità di lavorare in continuità con la Scuola Primaria formando piccoli gruppi di bambini che hanno svolto ruolo di tutor nei confronti dei compagni più grandi e delle loro maestre mostrando con abilità le modalità di utilizzo degli strumenti. Approfittando del fatto che sono inseriti nel medesimo plesso i bambini dello scorso anno scolastico hanno avuto la possibilità di proseguire con l'utilizzo della stampante 3D anche quest'anno alla Scuola Primaria progettando e realizzando con le loro insegnanti oggetti che hanno poi impiegato nell'attività didattica (un abaco costruito con Tinkercad ed un oggetto individuale realizzato con Doodle3D). Dal punto di vista di noi docenti, accettando di affrontare questa sfida stimolante c'è stato un generale arricchimento del proprio bagaglio personale e professionale, attraverso l'apprendimento di nuove conoscenze multimediali e tecnologiche. Grande inoltre è stata la soddisfazione nel vedere come pur nel nostro ruolo di registre, apprendevamo insieme ai bambini, in uno scambio alla pari di "dato e ricevuto". Non di secondaria importanza ci è sembrato infine uno sviluppo, nel gruppo dei docenti, di una vivace e continua collabo-

razione e di un costante e seppur intenso lavoro di scambio e confronto.

### **Considerazioni finali**

L'aver preso parte a questa esperienza ha favorito una generale apertura verso il territorio circostante, grazie all'interessamento di alcune testate giornalistiche regionali e la partecipazione ad una fiera specifica di settore. Ci sembra rilevante sottolineare quanto questo progetto abbia permesso di far apprezzare la Scuola dell'Infanzia e di farla guardare con "occhi diversi" sia dal Dirigente Scolastico che dai colleghi degli altri ordini di scuola. L'ultima riflessione che scaturisce dall'esperienza riguarda il mezzo elettronico che diverte, suscita entusiasmi, ma è comunque un mezzo, uno strumento innovativo, ma non il fine del lavoro didattico educativo. Il progetto non esclude infatti la necessità di coinvolgere i bambini nelle pratiche manipolative, motorie e ludiche che caratterizzano fortemente gli apprendimenti in questa età. La scuola quindi, non può essere il luogo dove la tecnologia viene demonizzata, ma neanche quello in cui la si rende "mito".

## Scuola Infanzia "J. J. Rousseau" C. Valle, N. Tua

Nel corrente anno scolastico abbiamo aderito al progetto di ricerca proposto dall'Indire *Costruire giocattoli con la stampante 3D*. Hanno partecipato sedici bambini di cinque anni provenienti da due sezioni (quelle in cui siamo titolari). Dobbiamo dire che subito ci siamo sentite coinvolte dal progetto e l'entusiasmo ci ha fatto iniziare il percorso, ma la spinta più grande ce l'hanno data i bambini che hanno intrapreso questo percorso con semplicità e naturalezza e con la spontaneità che solo i bambini riescono ad avere e trasmettere.

Le famiglie hanno accettato con sorpresa il progetto che abbiamo presentato e hanno avuto piena fiducia nel nostro operato. Nel corso degli anni abbiamo anche avuto atteggiamenti di perplessità nei confronti dell'approccio alle nuove tecnologie con bambini così piccoli, perplessità anche comprensibili vista la grande potenzialità di questi strumenti e i rischi che un abuso nell'utilizzo potrebbe creare.

L'attività si è svolta con un incontro settimanale al quale partecipavano tutti i bambini. Abbiamo deciso di fare una minima attività propedeutica proprio per verificare il tipo di approccio che suscitava la proposta dell'utilizzo della stampante e di sviluppare invece tutte le proposte/osservazioni, che facevano i bambini nel corso

dell'incontro, con attività di supporto/sviluppo nei giorni seguenti nelle rispettive sezioni. La scelta dei nomi dei personaggi ha fatto sì che i bambini li sentissero vicini e, nel momento della rappresentazione grafica, fosse più semplice immaginarli. L'approccio con la stampante è stato molto "naturale" per loro; sinceramente ci aspettavamo più stupore o meraviglia, invece l'hanno vista come un "oggetto" di uso quasi quotidiano. Prima di svelare il funzionamento della macchina abbiamo chiesto loro cosa poteva essere quell'oggetto misterioso e le loro ipotesi sono state molto più semplici di quello che ci aspettavamo: da una macchina del caffè a uno "spara bolle" fino ad arrivare a dirci che era una "stampante delle cose che si fanno con la LIM"! Praticamente hanno indovinato l'utilizzo della stampante 3D senza averne mai vista una dal vero. Questo ci dà l'idea di come noi adulti, che abbiamo visto entrare questi oggetti (smartphone, tablet... o stampanti 3D) improvvisamente nella nostra vita quotidiana, ci stupiamo e siamo molto più "timorosi" dei bambini che "giocano" con questi prodotti dai primi mesi/anni di vita. L'utilizzo di Doodle3D non ha creato nessun tipo di difficoltà, né per i bambini né per noi insegnanti e la realizzazione dei personaggi della storia non ha rilevato alcuna problematicità.

La gestione autonoma dei bambini di Tinkecard è stata molto più complicata data la scarsa precisione del puntatore

della LIM e, per la realizzazione dell'albero cavo e della torta, hanno avuto bisogno dell'insegnante che ha gestito il puntatore tramite il touchpad del pc. In questo caso i bambini hanno "diretto" i lavori e l'insegnante ha richiesto la precisione possibile delle indicazioni per eseguire le consegne (sposta a destra, ingrandisci, ruota).

La realizzazione dell'albero cavo ha richiesto più tentativi non tanto per la forma dell'albero quanto per la ricerca della struttura delle radici; un albero così importante non poteva cadere per un minimo soffio di vento!!! Dopo un lungo confronto i bambini hanno scelto di inserire delle lettere (L V Y) nella base che hanno reso il loro albero molto stabile. Anche per la realizzazione dei rami i bambini hanno cercato delle strategie e fatto più prove; secondo loro i rami dovevano essere stampati e non aggiunti successivamente, ma l'inserimento di piccoli cilindri non ha dato il risultato sperato perché la stampante non supportava il loro progetto e i rami sembravano... sciolti! L'inserimento di coni, invece che cilindri, ha dato risultati migliori anche se non ottimali rispetto alle loro aspettative. Per la realizzazione della torta la difficoltà più grossa è stata la sovrapposizione corretta degli strati, ma la possibilità di Tinkecard di vedere gli oggetti in tutte le prospettive ha permesso la corretta realizzazione. I bambini non si sono scoraggiati di fronte agli errori di "montaggio" ma hanno insistito e cercato i termini più giusti e le strategie corrette

per ottenere il risultato finale più confacente ai loro progetti. Lo step delle orme è stato quello più "intrigante" per i bambini; cimentarsi con i labirinti li ha spinti ad una organizzazione mentale complessa sulla gestione dello spazio ma, dopo varie prove e tentativi, i risultati sono stati soddisfacenti anche per loro.

Le dimensioni delle orme, rapportate ai personaggi che dovevano percorrere il labirinto, sono state rispettate da tutti i bambini. Anche la conta dei passi li ha interessati molto anche se alcuni hanno avuto bisogno di un piccolo aiuto per raggiungere il traguardo (alcuni labirinti erano veramente lunghi e complessi e le orme relativamente piccole). Abbiamo ragionato insieme sul numero dei passi necessari per arrivare alla casa dell'orco e i bambini si sono resi conto che non soltanto la dimensione dell'orma influenzava la quantità dei passi, ma anche la lunghezza del labirinto. È stato creato dai bambini un percorso unico per confrontare i passi senza l'influenza della dimensione del labirinto, ma la strada risultava molto lunga e articolata, così è stata utilizzata una clessidra per limitare il tempo che Teddy doveva impiegare per arrivare alla casa dell'orco. Questo momento è stato molto interessante sia per i bambini che per noi insegnanti (introduzione variabile tempo quanto condiziona?) e ci siamo rese conto di quante strategie sono capaci di mettere in atto dei bambini così piccoli. I giocattoli per l'orco sono stati creati ric-

chi di particolari, proprio come li avrebbe costruiti. Nella compilazione della scheda del portfolio, dove ogni bambino valuta i vari progetti proposti, i risultati sono stati meno soddisfacenti di quello che prevedevamo. Alcuni bambini si sono lamentati dei tempi di attesa troppo lunghi per la rotazione nell'utilizzo della LIM (faccine annoiate) e questo sarà un aspetto da non sottovalutare nella progettazione dei tempi nel prossimo anno.

## **Istituto Comprensivo San Valentino Torio - Scuola infanzia "Madre Teresa di Calcutta"**

**R. Caldarelli, A. Esposito,  
M. de Filippo**

La Scuola dell'Infanzia "Madre Teresa di Calcutta" dell'Istituto Comprensivo di San Valentino Torio, ha partecipato, per l'anno scolastico 2015/16 al progetto di ricerca sperimentale dell'Indire *Costruire giocattoli con la stampante 3D nella scuola dell'infanzia* per sperimentare l'utilizzo didattico di una stampante 3D. La partecipazione al progetto ha dato alle insegnanti coinvolte nel progetto, guidate e supportate dal Dirigente Scolastico, prof.ssa Mariagrazia Gervilli, che fin da subito si è mostrata entusiasta e propositiva, la possibilità di progettare attività didattiche basate sulla metodologia del "problem solving" e l'applicazione del ciclo "Think-Make-Improve"

(pensa - realizza - migliora), che partendo dall'esperienza pratica e basandosi sul confronto e la collaborazione tra i pari, consente un'interiorizzazione dei concetti tale da far emergere la necessità di un'adeguata fase di progettazione prima di passare alla realizzazione materiale dell'oggetto. Inoltre, ha consentito di fare riflessioni e considerazioni sull'insegnamento della geometria solida nella Scuola dell'Infanzia e sul pensiero computazionale, che a latere, hanno fornito ulteriori spunti per ampliare la ricerca didattica.

La sperimentazione ha coinvolto 48 bambini e oltre le referenti del progetto tutte le insegnanti del plesso. I bambini, eccetto che per momenti di condivisione e socializzazione, hanno lavorato per gruppi durante a giornata scolastica. Le insegnanti, infatti, partendo dal curricolo d'Istituto, verticale e per competenze, hanno inserito le attività previste dal progetto all'interno della propria progettazione finalizzandole all'acquisizione delle competenze chiave europee: madrelingua, matematica e di base scienze e tecnologia, digitale, spirito d'iniziativa e imprenditorialità. Partendo da una progettazione comune, ogni compito è stato supportato da una mediazione didattica ed un diario di bordo per raccogliere le riflessioni sulle attività svolte, comprese quelle inclusive, nonché i punti di forza e di debolezza. Si riporta di seguito un breve excursus di quanto svolto nei vari compiti sottolineandone per ognuno i punti salienti.

Nel primo compito *Disegnare con Doodle3D i personaggi della storia*, le insegnanti hanno introdotto la stampante 3D come un oggetto speciale capace di concretizzare quanto da loro disegnato. I bambini si sono subito incuriositi ed entusiasti. Entusiasmo che li ha accompagnati durante tutto il percorso aumentandone la motivazione al fare e all'apprendere. Dopo la presentazione della stampante, si è aperta una sessione di circle time, comune anche a tutti i compiti che seguono, in cui le docenti hanno raccontato la breve parte della storia relativa al compito in essere e condiviso con i bambini la scelta dei nomi dei personaggi. Il compito prevedeva alla fine la stampa di tutti i personaggi con Doodle3D, un software di grafica 3D che fornito insieme ad una wifi-box, si connette direttamente alla stampante. Il compito è stato relativamente semplice per i bambini, in quanto nell'ambiente di Doodle3D i bambini disegnano a mano libera gli oggetti sulla LIM o un tablet e lo mandano in stampa semplicemente cliccando sul bottone "stampa". Fortemente interessanti sono state fin da subito le riflessioni che si sono fatte relativamente all'inclusione. Nel gruppo dei 48 bambini è presente anche un diversamente abile supportato dall'insegnante di sostegno. Il bambino con spettro autistico, bravissimo nel disegno e nell'utilizzo delle tecnologie, ma come da patologia poco incline alla socializzazione e molto selettivo nelle attività da svolgere. Sebbene inizialmente restio a

mano a mano ha mostrato sempre più interesse ed entusiasmo per le attività proponendo l'inserimento nella storia di un nuovo personaggio: l'uccellino dei "*angry birds*" (Fig. 1). L'idea, socializzata e condivisa da tutti i bambini, ha favorito, durante tutto il percorso, l'attuazione di strategie di inclusione facendo sentire il bambino sempre più inserito nel gruppo classe e partecipe alle attività.



**Figura 1.** La stampa di un oggetto progettato con Doodle3D

Lo svolgimento del secondo compito: *Costruire il tronco di un albero cavo, dimora di una strega buona*, con il software Tinkercad, è stato molto significativo sia da un punto di vista tecnologico che didattico: ha indotto, infatti, le insegnanti a confrontarsi e riflettere con il modo di insegnare la geometria nella Scuola dell'Infanzia. La necessità di dover utilizzare "Tinkercad" che presenta un'area di lavoro in cui sono riportati i solidi nella loro specificità, ha condotto le maestre a progettare

attività didattiche preparatorie al compito (rappresentazioni grafico-pittorico, giochi, manipolazione di pasta di sale, ecc.) che favorissero nei bambini un apprendimento più concettuale delle figure solide con particolare riferimento al concetto di solido cavo. Diverse difficoltà sono state incontrate dai bambini nel rappresentare il tronco di albero cavo nell'ambiente di tinkercad, sia nel trascinarsi degli oggetti sulla LIM, dovuta all'eccessiva sensibilità del touch, che nel "bucare" il cilindro con una sfera trasparente per realizzare la cavità. Da un punto di vista tecnologico i bambini non hanno incontrato grossi problemi, ad esempio subito hanno appreso come modificare le forme base (allungarle e allargarle) e raggruppare gli oggetti; mentre più complesso è stato capire come e dove fare il buco nel tronco. Diverse stampe di tronchi sono state fatte e per ognuno di essi è stato osservato e discusso l'errore, commesso in fase di disegno, che ha fatto in modo che l'oggetto realizzato non fosse quello voluto. Per tutte l'attività, così come anche in quelle successive, il ruolo del docente è stato quello di coach, i bambini sono stati sempre lasciati liberi di esprimere attraverso le attività propedeutiche e il disegno computerizzato il proprio punto di vista. Interessante è stata l'osservazione del confronto con i pari soprattutto quando il risultato non corrispondeva alle aspettative.

Nel terzo compito *Costruisci la torta a 3*

*piani* i bambini si sono confrontati sulla sovrapposizione di solidi e sul concetto di spessore. Inoltre siccome alcuni personaggi come l'orco non erano noti ai bambini, interessanti sono state le attività a latere sulla familiarizzazione di tali personaggi, in quanto sono stati realizzati con attività manipolative utilizzando figure solide, favorendo un apprendimento strutturato dei solidi di base.

Il quarto compito *Realizzare con la stampante 3D delle orme* richiedeva, nello specifico la costruzione di un sentiero che sarebbe dovuto essere in seguito percorso dalle orme dei personaggi. Infine bisognava misurare la lunghezza del sentiero contando il numero di passi fatti dall'orco e dall'elfo in modo da poter confrontare chi impiegava meno passi. Anche quest'attività è stata molto intensa e ha richiesto molto tempo. Innanzitutto per la costruzione del percorso i bambini si sono cimentati nella costruzione di un ambiente fisico a grandezza naturale. Armati di cartone, scotch, tempera e pennelli si è realizzata la casa del piccolo "Franco", la casa dell'orco e il bosco. Ovviamente, dopo un circle time con discussioni guidate dalle insegnanti, la casa dell'orco è più grande della casa di Franco!! Sempre esplorando con il corpo i bambini hanno impersonato i personaggi e contato i passi per poi riportarli in una tabella. Infine per l'impronta dopo le attività propedeutiche (es: timbrini, percorso su farina) si è proceduto a stampar-

le sia utilizzando Doodle3D che Tinkercad. Interessanti sono state le osservazioni dei bambini a riguardo: mentre con Doodle3D si otteneva solo il contorno dell'orma con Tinkercad si realizzava un vero e proprio timbro (Fig. 2). Il quarto compito ha dato alle insegnanti la possibilità di realizzare un'attività di coding. Prendendo spunto dal gioco "la turista" della collezione di giochi CodyRoby i bambini sono stati suddivisi in squadre e con le cody cards hanno aiutato il piccolo Franco a raggiungere la casa dell'orco.



**Figura 2.** Esempio di realizzazione di impronte progettate con Doodle3D e Tinkercad

Il quinto compito *Costruire un ponte con Tinkercad* prevedeva che alla fine del percorso ci fosse un fiume da superare mediante la costruzione di un ponte. Subito

i bambini si sono messi all'opera dapprima hanno ampliato l'ambiente fisico con l'inserimento del fiume e poi dopo varie esperienze preparatorie alla realizzazione del ponte si sono cimentati con tinkercad. Non sono state trovate difficoltà in questa fase perché tra gli oggetti predefiniti i bambini hanno trovato qualcosa che somigliava ad un ponte, hanno dovuto solo ruotarlo e alzarlo.

Infine il sesto ed ultimo compito *Realizzare il gioco speciale* ha visto i bambini prima impegnati in un'attività di circle time per decidere e condividere il giocattolo di Franco rubato dall'orco e poi la realizzazione dello stesso con tinkercad. Anche quest'ultima attività è stata semplice per i bambini perché scegliendo un orsetto è stato solo un utile esercizio di manipolazione di sfere (Fig. 3).



**Figura 3.** Progettazione del giocattolo preferito con Tinkercad

A conclusione del percorso sperimentale metodologico, tutte le insegnanti concordano che l'utilizzo della stampante 3D ha avuto una forte valenza didattica in quanto ha permesso ai bambini di acquisire una maggiore consapevolezza della fase di progettazione di un oggetto, ben distinta da quella di realizzazione. La valenza della sperimentazione ha avuto un così forte impatto che il Collegio dei Docenti ha deliberato di proseguire la sperimentazione coinvolgendo anche altri plessi della scuola dell'Infanzia. Assolutamente professionali e speciali le ricercatrici dell'Indire che, con incontri avuti in sede e feedback a distanza, hanno monitorato e aiutato le docenti durante tutto il percorso, e senza mai prevaricare hanno coinvolto e partecipato i loro suggerimenti, accorgimenti, strategie. Inoltre, attraverso una community virtuale con i ricercatori specificamente predisposti è stato possibile un confronto e scambio di esperienze con le altre colleghe che sperimentavano la stessa metodologia: un momento proficuo di crescita professionale.

## **Istituto Comprensivo Di Cadeo-Pontenure - Scuola infanzia "Peter Pan"**

**R. Bertuzzi, D. Porro,  
S. Riboni, S. Scaravella**

Il progetto svolto nella nostra scuola durante quest'anno scolastico ha risentito, purtroppo, di numerose pause, dovute al mal funzionamento della stampante, passando dal ritiro temporaneo della stessa fino al ritiro definitivo nel mese di maggio per riparazione. Tale problematica non ci ha permesso di portare a termine tutte le consegne richieste, per cui riteniamo più opportuno concentrarci maggiormente su di una riflessione riguardante l'esperienza vissuta, attraverso un'analisi dei punti di forza e delle criticità riscontrate.

### **Organizzazione didattica**

Nel progetto della stampante 3D sono stati coinvolti tutti i bambini di 5 anni della scuola. La scelta deriva da una riflessione fatta tra tutte le insegnanti: secondo noi il valore dei risultati di una sperimentazione possono dirsi realmente spendibili se rappresentano la realtà quotidiana del contesto scolastico. Ciò significa riuscire a portare avanti un percorso affrontando tutte le caratteristiche, positive e negative, dell'intero gruppo. Il team docenti ha così deciso di adottare una didattica laboratoriale per coinvolgere contemporanea-

mente tutti i bambini, rendendoli protagonisti del loro percorso di apprendimento. La LIM e gli i-pad erano a disposizione dei bambini che, suddivisi in piccoli gruppi, potevano ruotare su vari centri d'interesse, sperimentando autonomamente materiali diversi. I vari linguaggi espressivi si intrecciano per sostenere narrazioni, ricerche e conoscenze sempre nuove.

### **Punti di forza**

Con entrambi i software (Doodle e Tinkercad) viene messa in atto automaticamente la didattica di cooperative learning; sperimentando i bambini consolidano e costruiscono sistemi di collaborazioni, si scambiano scoperte e aumentano le conoscenze e le competenze.

Le risorse tecnologiche diventano strumento di pensiero e di azione. Il bambino diventa oggetto attivo, progetta, disegna e vede realizzato concretamente il proprio elaborato. Il discente migliora la rappresentazione grafica perché riesce a cogliere l'errore dalla stampa e quindi si corregge fino ad ottenere il disegno con le caratteristiche desiderate. Questi programmi facilitano il processo mentale che porta il bambino dal mondo bidimensionale, riguardante il piano, a quello tridimensionale concernente lo spazio anche se solo attraverso l'utilizzo di strumenti virtuali (processo di astrazione). Doodle si è rivelato uno strumento di disegno e di costruzione fruibile come qualsiasi altro strumento espressivo.

### **Punti di criticità:**

Problematiche relative al funzionamento della stampante 3D, al proiettore della LIM, ai software, wifi. Tinkercad non è così immediato come Doodle. L'insegnante non può avere solo il ruolo di regista: determinati comandi necessitano dell'intervento dell'adulto e occorre una maggiore supervisione per monitorare la successione dei passaggi e permettere al bambino di interiorizzarli.

### **Riflessioni conclusive**

Le tecnologie "digitali" non si sostituiscono ai linguaggi espressivi tradizionali, ma sono un valore aggiunto che permette ai bambini di provarsi all'interno di nuovi ambienti d'apprendimento dotati di strumenti (tecnologici) in grado di sostenere e ampliare le loro ipotesi, teorie e conoscenze. I buoni risultati ottenuti sono riconducibili, secondo la nostra esperienza, anche al fatto che i bambini hanno avuto modo di sperimentare liberamente, scoprendo così in modo autonomo le potenzialità dei software e i loro rispettivi comandi. Di fronte a consegne più impegnative i bambini non si sono sentiti inibiti e hanno affrontato le nuove esperienze con serenità.

MAVER



# Gli autori

## Luca Bassani

Dal 1995 ha sviluppato competenze nel campo della modellazione 3D e della programmazione di macchine CNC per la produzione industriale. Dal 2001 diventa collaboratore tecnico di Indire occupandosi di programmazione web per la realizzazione di RIA, CMS, e piattaforme di e-learning. Partecipa al gruppo di ricerca *Maker@Scuola* occupandosi del lato tecnico per la gestione delle stampanti 3D e sviluppando sistemi software con lo scopo di rendere più pratico e accattivante il processo di stampa 3D.

## Andrea Benassi

Ricercatore tecnologo presso Indire, si occupa prevalentemente di nuove tecnologie per la didattica, in particolare di didattica immersiva. È ideatore e responsabile di *edMondo* il mondo virtuale per la scuola, membro del gruppo di progetto di *Avanguardie Educative* ed è stato coordinatore pedagogico nazionale del progetto europeo *ITEC*.

## Alessandro Ferrini

Informatico, tecnologo, lavora presso Indire dal 2007 occupandosi di sviluppo software e interfacce utente, sperimentando continuamente le nuove tecnologie ed evoluzioni del web, sia per quanto riguarda le applicazioni desktop che le app per dispositivi mobili. All'interno del progetto *Maker@Scuola* si occupa dello sviluppo di SugarCAD, con particolare attenzione alla user experience fornita a studenti e insegnanti.

## Maeca Garzia

Pedagogista, dottore di ricerca in pedagogia interculturale. Ha collaborato alla cattedra di Didattica Generale dell'UNISOB di Napoli, occupandosi di didattica orientativa e metacognitiva. Lavora come ricercatrice presso Indire, curando la modellizzazione di metodi didattici innovativi e la loro messa a sistema attraverso percorsi formativi improntati al coaching e ad attività di R-A. Nell'ambito della ricerca *Maker@Scuola* sperimenta e valuta la ricaduta che, in termini di sviluppo di competenze specifiche dell'età pre-scolare, l'utilizzo della stampante 3D ha sui bambini della Scuola dell'Infanzia.

## Lorenzo Guasti

Ingegnere, ricercatore tecnologo presso Indire, attualmente è referente del progetto di ricerca *Maker@Scuola* che studia il fenomeno dei "makers" in relazione agli scenari e alle influenze che genera nel sistema scolastico italiano.

## Giuseppina Rita Mangione

Prima ricercatrice di Indire Nucleo Territoriale Sud. Phd in Telematica e Società dell'Informazione, cultore della materia in "Educazione Mediale". Cura la sperimentazione e diffusione di pratiche didattiche innovative che richiamano la didattica laboratoriale, il curriculum competente, la riflessività docente. Ambiti di ricerca: *Maker@Scuola*, *Avanguardie Educative*, *Piccole scuole*, *Neoassunti*. È nel comitato scientifico di Je-LKS e nel direttivo della Sie-L. È socio di ricerca SIRD, ATEE, SIREM, SAplE e CKBG.

## Orazio Miglino

Professore ordinario di Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione presso l'Università di Napoli Federico II. Dirige il laboratorio per lo studio dei sistemi cognitivi naturali e artificiali. È un ricercatore associato dell'Istituto di Scienze e Tecnologia della Cognizione del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Roma. Coordina diversi progetti finanziati dall'Unione Europea nel campo delle metodologie e tecnologie innovative per il sostegno dei processi di apprendimento. È stato presidente dell'Associazione Italiana di Scienze Cognitive.

## Jessica Niewint-Gori

Tecnologa/ricercatrice, nella sua ricerca nell'ambito del progetto *Maker@Scuola* ha approfondito le pratiche per operare nei contesti formativi ed educativi, con particolare attenzione all'uso delle nuove tecnologie per l'apprendimento nella Scuola dell'Infanzia. Segue con particolare interesse la sperimentazione di nuove metodologie per lo sviluppo di competenze trasversali nell'ambito della didattica laboratoriale e STEAM Education.

## Alberto Parola

Docente di Pedagogia sperimentale presso il dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione dell'Università di Torino, ha quali principali ambiti di interesse la media education, l'innovazione didattica e le tecnologie dell'apprendimento. È Presidente dell'Associazione Egò (Multimedialità e DSA) e di CinEduMedia Centro Interdipartimentale di Ricerca per il Cinema, l'Educazione e i Media dell'Università di Torino. Fa parte del direttivo della Società per l'Apprendimento e l'Istruzione informati da Evidenza (SAPIE).

## Alessia Rosa

Prima ricercatrice di Indire presso la sede del Nucleo Territoriale Nord. Dottore di ricerca in pedagogia sperimentale è cultore della materia in "Metodi della ricerca empirica nell'educazione infantile". I suoi interessi di ricerca si concentrano prevalentemente sull'utilizzo delle tecnologie in contesto educativo e sulla sperimentazione di percorsi formativi finalizzati allo sviluppo di competenze. I suoi attuali ambiti di ricerca sono: *Maker@Scuola*, *Didattica Laboratoriale* e *Neoassunti*.

# Riferimenti bibliografici

Almon, J. (2003). The Vital role of Play in Early Childhood Education. Olfman, S., *All work and no play: how educational reforms are harming our preschoolers*. Westport (CT): Praeger.

Anderson, J. (2009). *Cognitive psychology and its implications*. New York: Worth Publishers.

Ayoub, C., O'Connor, E., Rappolt-Schlichtmann, G., Vallotton, C., Raikes, H. & Chazan-Cohenf, R., (2009). Cognitive skill performance among young children living in poverty: Risk, change, and the promotive effects of Early Head Start. *Early Childhood Research Quarterly*, 24, Issue 3, 3rd Quarter 2009, pp. 289-305.

Astolfi, J. P. (1993). *Placer les élèves en « situations problèmes? »*. Paris, INRP

Bagnara, S., Campione, V., Mosa, E., Pozzi, S. & Tosi, L. (2014). *Apprendere in digitale*. Milano: Guerini.

Benedan, S. & Antonietti, A. (1997). *Pensare le immagini*. Trento: Erickson.

Bishop, A. (1983). Space and geometry. Lesh, R. & Landau, M. (a cura di), *Acquisition of mathematics concepts and process*, (pp. 175-203). Orlando: Academic Press.

Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *Fab Labs: Of machines, makers and inventors*, pp. 1-21.

Boychev, P., Brier, S., Broderick, J. & Hong, S. B. (2015). Constructionism and Deconstructionism. *Constructivist Foundations*, 1(2), pp. 1-17.

Borko, H., Koellner, K., Jacobs, J. & Seago, N. (2011). Using video representations of teaching in practice-based professional development programs. *ZDM*, 43(1), pp. 175-187.

Borkowski, J. G. & Muthukrishna, M. (1994). Lo sviluppo della meta cognizione nel bambino: un modello utile per introdurre l'insegnamento metacognitivo in classe. *Insegnare all'Handicapato*, 8, pp. 229-251.

Bostrom, N. & Sandberg, A. (2009). Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges. *Science and Engineering Ethics*, 15, p. 311-341.

Brahms, L. (2014). *Making as a learning process: Identifying and supporting family learning in informal settings*. Pittsburgh: Doctoral dissertation, University of Pittsburgh.

Bruner, J. (2003). *Making Stories*. Harvard: HUP.

Calvaruso, F. P. (2014). Abitare l'educazione La cura del 'vissuto ambientale' nella formazione dei docenti della scuola dell'infanzia. *FORMAZIONE & INSEGNAMENTO. Rivista internazionale di Scienze dell'educazione e della formazione*, 9(3), pp. 187-196.

Cattaneo, A. & Rosa, A. (2015). *La scuola in ascolto: tra bisogni educativi speciali e nuove tecnologie*. Milano: Principato.

Cavalli, A. & Argentin, G. (2010). *Gli insegnanti italiani: come cambia il modo di fare scuola*. Bologna: Il Mulino.

Cerini, G., Di Pasquale, G., Serra, P. & Mazzoli, F. (2012). *La scuola dell'infanzia dentro le Nuove Indicazioni per il curricolo*. Disponibile in: [http://archivio.comune.rimini.it/binary/comune\\_rimini/pubblica\\_istruzione/La\\_scuola\\_dell\\_infanzia\\_dentro\\_le\\_nuove\\_indicazioni\\_per\\_il\\_curricolo.1435922701.pdf](http://archivio.comune.rimini.it/binary/comune_rimini/pubblica_istruzione/La_scuola_dell_infanzia_dentro_le_nuove_indicazioni_per_il_curricolo.1435922701.pdf).

Clements, D. H. (1999a). Geometric and spatial thinking in young children. *Mathematics in the Early Years*, 5, pp. 66-79.

Clements, D. H. (1999b). Playing math with young children. *Curriculum Administrator*, 35, pp. 25-28.

Clements, D. H. (2001). Mathematics in the preschool. *Teaching Children Mathematics*, 7, pp. 270-275.

Clements, D. H. & Sarama J. (2000). Young children's ideas about geometric shapes. *Teaching Children Mathematics*, 6, pp. 482-488.

Cohen, J. D., Jones, W. M., Smith, S. & Calandra, B. (2016). Makification: Towards a Framework for Leveraging the Maker Movement in Formal Education. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 1, pp. 129-135.

Comoglio, M. (1997). Metacognizione. Prelezzo, J. M., Nanni, C. & Malizia, G. (a cura di), *Dizionario di Scienze dell'Educazione*, (pp. 682-683). Torino: LDC – LAS – SEI.

Cornoldi, C. (1995). *Metacognizione e apprendimento*. Bologna: Il Mulino.

Cornoldi, C. & Caponi, B. (1991). *Memoria e metacognizione: attività didattiche per imparare a ricordare*. Trento: Erickson.

Cross, C. T., Woods, T. A., & Schweingruber, H. (2009). Committee on early childhood mathematics; National Research Council. Mathematics learning in early childhood: paths toward excellence and equity. *The National Academies Press*. Disponibile in: <http://www.nap.edu>.

Damasio, A. (1994). *L'errore di Cartesio: emozione, ragione e cervello umano*. Milano: Adelphi.

Damasio, A. & Blum, I. (2003). *Alla ricerca di Spinoza: emozioni, sentimenti e cervello*. Milano: Adelphi.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, pp. 319-340.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), pp. 982-1003.

Dewey, J. (2004). My pedagogic creed. David, J. Flinders & Stephen J. Thornton, *The curriculum studies reader*, 2, pp. 17-23. New York: Routledge.

Di Nuovo, S. (1999). *Mente e immaginazione*. Milano: Franco Angeli.

Eisenberg, M. (2013). *3D printing for children: What to build next?* International Journal of Child-Computer Interaction, 1(1), pp. 7-13.

Eisenberg, M., Ludwig, K. & Elumeze, N. (2012). Toward child-friendly output and fabrication devices: the string printer and other possibilities. Isaias, P. et al. (Eds.), *Towards Learning and Instruction in Web 3.0.*, (pp. 303-315). New York: Springer.

Fabio, R. & Pellegatta, B. (2005). *Attività di potenziamento cognitivo*. Trento: Erickson.

Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Wesley, Boston: Mass Addison.

Franceschini, G. (2005). Prospettive di riferimento. *Scuola materna per l'educazione dell'infanzia*, 2, I-VI.

Frith, C. & Paulesu, E. (2009). *Inventare la mente: come il cervello crea la nostra vita mentale*. Milano: Raffaello Cortina.

- Froebel F. (1868). *I giochi ginnastici di Froebel ridotti da un insegnante ad uso degli asili infantili e delle scuole primarie e normali maschili e femminili del Regno: con l'aggiunta di nuovi canti ginnastici*. Firenze: G. B. Paravia.
- Gärtner, H. (2008). *Instructionmonitoring-Implementation of new curricula within a video-based quality circle*. *International Journal of Psychology*, 43(3-4), p. 411.
- Gaudin, C. & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, pp. 41-67.
- Gee, J. (2013). *Come un videogioco: insegnare e apprendere nella scuola digitale*. Milano: Raffaello Cortina.
- Grimaldi, R. (2015). *A scuola con i robot: innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*. Bologna: Il Mulino.
- Heinz, D. (1994). Espace et enfance. Une longue histoire. *Technique & Architecture*, p. 415.
- Hershkowitz, R. (1989). Visualization in geometry: Two sides of the coin. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 11, pp. 61-76.
- Hiebert, J., Gallimore, R. & Stigler, J. W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: What would it look like and how can we get one? *Educational researcher*, 31(5), pp. 3-15.
- Kandel, E., Giustetto, M. & Olivero, G. (2010). *Alla ricerca della memoria: la storia di una nuova scienza della mente*. Torino: Codice.
- Katterfeldt, E. S., Dittert, N. & Schelhowe, H. (2015). Designing digital fabrication learning environments for Bildung: Implications from ten years of physical computing workshops. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, pp. 3-10.
- Kleinknecht, M. & Schneider, J. (2013). What do teachers think and feel when analyzing videos of themselves and other teachers teaching? *Teaching and teacher education*, 33, pp. 13-23.
- Iversen, O. S., Smith, R. C., Blikstein, P., Katterfeldt, E. S. & Read, J. C. (2015). Digital fabrication in education: Expanding the research towards design and reflective practices. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, pp. 1-2.
- Lampert, M. (2010). Learning Teaching in, from, and for Practice: What Do We Mean? *Journal of Teacher Education*, 61, pp. 21-34.
- La Marca, A. (2004). *Io studio per... imparare a pensare*. Troina (EN): Città Aperta.
- Lakoff, G. & Núñez, R. (2005). *Da dove viene la matematica. Come la mente embodied dà origine alla matematica*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Le Boterf, G. (1994). *De la compétence: essai sur un attracteur étrange*. Parigi: Les Editions d'Organisation.
- Lewin, K. (1951). *Teoria e sperimentazione in psicologia sociale*. Bologna: Il Mulino.
- Linn, M. C. & Peterson, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, pp. 1479-1498.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in Education*. New Jersey: Montclair State University.
- Lipson, H. & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. Indianapolis: John Wiley & Sons.

- Lucangeli, D., Mammarella, I. C., Todeschini, M., Miele, G. & Cornoldi, C. (2009). *Conoscere le forme geometriche: Valutazione delle competenze e schede di intervento per bambini dai 4 ai 6 anni*. Firenze: Giunti.
- Malim, T. (1995). *Processi cognitivi: attenzione, percezione, memoria e pensiero*. Trento: Erickson.
- Maltinti, C. (2014). Il LessonStudy giapponese: un efficace modello cross-cultural. *Form@re-Open Journal per la formazione in rete*, 14(2), pp. 87-97.
- Martin, L. (2015). The promise of the Maker Movement for education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1), p. 4.
- Martinez, S. L. & Stager, G. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Torrance (CA): Constructing modern knowledge press.
- Mayer, R. E. (2013). Multimedia Learning. Hattie, J. & Anderman, E. M. (a cura di), *International Guide to Student Achievement*. Londra: Routledge.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, pp. 889-918.
- Meirieu, P. (1988). *Apprendre, oui, mais comment ?* Parigi: ESF éditeur.
- Messina, L., De Rossi, M., Tabone, S. & Tonegato, P. (2015). *Tecnologie, formazione e didattica*. Roma: Carocci.
- Mezirow, J. (2003). *Apprendimento e trasformazione*. Milano: Cortina.
- Miller, K. & Zhou, X. (2007). Learning from classroom video: what makes it compelling and what makes it hard". Goldmann, R., Pea, R., Barron, B. & Derry S. J. (Eds.), *Video research in the learning sciences*, (pp. 321-334). Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum.
- Moore, G. C. & Benbasat, I. (1996). Integrating Diffusion of Innovations and Theory of Reasoned Action Models to Predict Utilization of Information Technology by End-Users. Kautz, K. & Pries-Heje, J. (a cura di), *Diffusion and Adoption of Information Technology*, (pp. 132-146). Londra: Chapman and Hall.
- Nanni, C. & Malizia, G. (1997). *Dizionario di scienze dell'educazione*. Torino: Elledici - SEI.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Norman, D. A. & Borrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, pp. 1-18.
- Olivieri, D. (2014). *Le radici neurocognitive dell'apprendimento scolastico*. Milano: Franco Angeli.
- Orsi, M. (2014). Il modello Senza Zaino. Responsabilità, ospitalità, comunità: tre valori in pratica. *Scuola democratica*, (3), pp. 665-674.
- Paoletta, F. (2013). La pedagogia di Loris Malaguzzi. Per una storia del Reggio Emilia approach. *Rivista sperimentale di Freniatria*. Milano: Franco Angeli, pp. 95-112.
- Papert, S. (1986). *Constructionism: A new opportunity for elementary science education*. Massachusetts: Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group.
- Papert, S. & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36, pp. 1-11.
- Parola, A. (2012). *Regia educativa*. Roma: Aracne.

- Pellerey, M. (1991). Didattica della matematica e acquisizione delle conoscenze e delle competenze matematiche. Laeng, M. (diretto da), *Atlante della Pedagogia*. Napoli: Tecnodid.
- Peppler, K. & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), pp. 22-27.
- Peppler, K. & Hall, T. (2016). The Make-to-Learn Youth Contest: Gaining youth perspectives on learning through making". *Makeology: Maker spaces as learning environments*, 1, pp. 141-157.
- Peppler, K., Halverson, E. & Kafai, Y. (Eds.), *Makeology: Makerspaces as learning environments*, Vol 1, Ch. 10, pp. 141-157. New York (NY): Routledge.
- Piaget, J. (1945). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York (NY): WW Norton.
- Piaget, J. (1956). *Avviamento al calcolo*. Firenze: La Nuova Italia.
- Pirioni, T. (2010). La progettazione di nuovi spazi educativi per l'infanzia: da Ellen Key a Maria Montessori. *Studi sulla formazione*, 13(1), p. 81.
- Quaglia, R., Prino, L., & Sclavo, E. (2009). *Il gioco nella didattica: un approccio ludico per la scuola dell'infanzia e primaria*. Trento: Erickson.
- Reeve, J. (2009). Why teachers adopt a controlling motivating style toward students and how they can become more autonomy supportive. *Educational Psychologist*, 44(3), pp. 159-175.
- Ricchiardi, P. & Coggi, C. (2011). *Gioco e potenziamento cognitivo nell'infanzia: comprensione, memoria, ragionamento, capacità critica e creatività*. Trento: Erickson.
- Rivoltella, P. C. (2012). *Neurodidattica: insegnare al cervello che apprende*. Milano: Raffaello Cortina.
- Rivoltella, P. C. (2014). *La Previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica*. Brescia: La Scuola.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York (NY): The Free Press.
- Roth, W. M. (2007). Epistemic mediation: Video data as filters for the objectification of teaching by teachers. Goldman, R., Pea, R., Barron, B. & Derry S. J. (Eds.), *Video research in the learning sciences*, (pp. 367-382). Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Ass.
- Samuelsson I. P. & Johansson E. (2006). Play and learning - inseparable dimensions in preschool practice. *Early Child Development and Care*, 176, pp. 47-65.
- Santagata, R., Zannoni, C. & Stigler, J. W. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: An empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of mathematics teacher education*, 10(2), pp. 123-140.
- Schelhowe, H. (2013). Digital realities, physical action and deep learning - Fab Labs as educational environments? *Fab Lab: Of Machines, Makers and Inventors*, pp. 93-103.
- Schön, S., Ebner, M. & Kumar, S. (2014). The Maker Movement. Implications of new digital gadgets, fabrication tools and spaces for creative learning and teaching. *eLearning Papers*, 39, pp. 14-25.
- Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? *Teaching and Teacher Education*, 27(2), pp. 259-267.

Seidel, T., Pehmer, A. K. & Kiemer, K. (2014). Facilitating collaborative teacher learning: the role of "mindfulness" in video-based teacher professional development programs. *Gruppen dynamik und Organisationsberatung*, 45(3), pp. 273-290.

Sharples, M., de Rooij, R., Ferguson, R., Gaved, M., Herodotou, C., Koh, E., Kukulska-Hulme, A., Looi, C-K, McAndrew, P., Rienties, B., Weller, M. & Wong, L. H. (2016). *Innovating Pedagogy 2016: Open University Innovation Report 5*. Milton Keynes: The Open University.

Sherin, M. G., Russ, R. S., Sherin, B. L. & Colestock, A. (2008). Professional Vision in Action: An Exploratory Study. *Issues in Teacher Education*, 17(2), pp. 27-46.

Sherin, M. G. & Han, S. Y. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teaching and Teacher education*, 20(2), pp. 163-183.

Sherin, M. G. & Van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), pp. 20-37.

Spiro, R. J., Collins, B. P. & Ramchandran, A. (2007). Reflections on a post-Gutenberg epistemology of video use in ill-structured domains: fostering complex learning and cognitive flexibility. Goldman, R., Pea, R., Barron, B. & Derry, S. J. (Eds.), *Video research in the learning sciences*, (pp. 93-100). Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum.

Stürmer, K., Seidel, T. & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 44(3), pp. 339-355.

Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C. & Schmid, R. F. (2011). What Forty / What forty years of research says about the impact of technology on learning a second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), pp. 4-28.

Tondeur, J., Hermans, R., Van Braak, J. & Valcke, M. (2008). Exploring the link between teachers' educational belief profiles and different types of computer use in the classroom. *Computers in Human Behavior*, 24(6), pp. 2541-2553.

Tripp, T. & Rich, P. (2012). Using video to analyze one's own teaching. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), pp. 678-704.

Trombetta, C. (2014). La creatività. Una panoramica storica. Antonietti, A. & Molteni, S., *Educare al pensiero creativo*. Trento: Erickson.

Van Es, E. A. (2009). Participants' Roles in the Context of a Video Club. *Journal of the Learning Sciences*, 18(1), pp. 100-137.

Van Es, E. A. (2012). Examining the development of a teacher learning community: The case of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 28(2), pp. 182-192.

Vansteenkiste, M., Simons, J., Lens, W., Sheldon, K. M. & Deci, E. L. (2004). Motivating learning, performance, and persistence: the synergistic effects of intrinsic goal contents and autonomy-supportive contexts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(2), p. 246.

Villani, D., Grassi, A. & Riva, G. (2011). *Tecnologie emotive*. Milano: LED.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge (MA): Harvard University Press.

Wardrip, P. S. & Brahm, I. (2016). Taking making to school. *Makeology: Makerspaces as Learning Environments*, 1, p. 97.

Weil, S., Gaeta, G., Reynaud-Guérithault, A. & Sala, M. (2004). *Lezioni di filosofia: 1933-1934*. Milano: Adelphi.

Weinstein, C. S. (1981). Classroom Design as an external condition for learning. *Educational Technology*, 21/8, pp. 12-19.





