

Barbieri, S., Maschietto, M., Mazzamurro, M.S., Scorcioni, F., Serravall, R. (2017). Costruire e usare macchine matematiche in laboratorio. In O. Robutti, C. Sabena e M. Mosca (Eds.), *Insegnare e imparare matematica e fisica: Insegnanti e studenti per una didattica inclusiva, Atti del VI Convegno Di.Fi.Ma. 2015* (pp. 201-206). Milano: Ledizioni.

COSTRUIRE E USARE MACCHINE MATEMATICHE IN LABORATORIO

*Stefano Barbieri**, *Michela Maschietto*^o, *M.Saveria Mazzamurro*[#], *Francesca Scorcioni**, *Roberta Serravall*[#]

** Istituto Comprensivo “G. Marconi”, Castelfranco Emilia*

^o Laboratorio delle Macchine Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia

Scuola statale secondaria di primo grado “G. Ferraris”, Modena

Abstract

Presentiamo due modi di intendere il laboratorio di matematica: uno in cui si propongono attività con strumenti “pronti all’uso” con l’obiettivo di costruire i significati matematici, l’altro in cui si propone la realizzazione delle macchine matematiche che saranno poi usate da altri studenti. Gli esempi sono tratti dal progetto *La bottega rinascimentale nella scuola di oggi*, che ha coinvolto due scuole secondarie di primo grado della provincia di Modena e il Laboratorio delle Macchine Matematiche dell’Università di Modena e Reggio Emilia.

Introduzione

Nelle ultime due edizioni del convegno Di.Fi.Ma. (2011 e 2013) sono state presentate esperienze condotte con le macchine matematiche (Barbieri & Maschietto, 2012; Bettini, Facchetti & Maschietto, 2012; Scorcioni & Maschietto, 2015). Si tratta di sperimentazioni didattiche in cui agli studenti si propongono attività con strumenti fisici, prevalentemente realizzati dal Laboratorio delle Macchine Matematiche¹, con l’obiettivo di costruire precisi significati matematici, a cui tali strumenti – le macchine matematiche – fanno riferimento. Queste sperimentazioni seguono la metodologia del laboratorio di matematica (AA.VV., 2004; Bartolini Bussi, 2010). Tra le attività che insegnanti e ricercatori sperimentano sono raramente presenti esempi di laboratorio in cui agli studenti si propone di costruire proprio particolari macchine matematiche, che saranno a loro volta usate da altri studenti. Anche in questo caso, creano le condizioni per quell’apprendistato, non solo cognitivo, che viene enfatizzato come una componente importante del laboratorio di matematica già in Matematica 2013 della Commissione UMI-CIIM (AA.VV., 2004). Inoltre, si realizza ciò che E. Borel auspicava nella sua conferenza del 1904 al Musée Pédagogique di Parigi:

“On a déjà deviné quel pourrait être, à mon sens, l’idéal du laboratoire de Mathématiques: ce serait, par exemple, un atelier de menuiserie. [...] Sous la haute direction du professeur de Mathématiques, et suivant ses instructions, les élèves, aidés et conseillés par l’ouvrier préparateur, travailleraient par petits groupes à la confection de modèles et d’appareils simples”
(Borel, 1904/2002, p. 59)

In questo articolo si presentano esempi dei due modi sopra richiamati di intendere il laboratorio di matematica, a partire dal lavoro svolto nell’ambito del progetto di diffusione della cultura scientifica “La bottega rinascimentale nella scuola di oggi: storia, strumenti e laboratorio di matematica”², che ha coinvolto due scuole secondarie di primo grado della provincia di Modena (l’Istituto Comprensivo “Marconi” di Castelfranco Emilia e la Scuola secondaria di primo grado “Ferraris” di Modena) e il Laboratorio delle Macchine Matematiche dell’Università di Modena e Reggio Emilia. Questi esempi permetteranno di portare alla discussione alcuni elementi che appaiono di estrema rilevanza quando si attua una metodologia laboratoriale: uno riguarda la dimensione inclusiva delle attività di laboratorio, un altro riguarda la valutazione di tali attività. L’articolo considererà questi elementi in relazione al lavoro di realizzazione delle macchine matematiche da parte degli allievi.

Il testo si compone di quattro parti. Nella prima si presenta il lavoro di costruzione di macchine matematiche svolto nella falegnameria. Nella seconda si forniscono aspetti della dimensione inclusiva della didattica laboratoriale, particolarmente legata al lavoro in falegnameria, mentre elementi di valutazione di tale attività sono presentati nella terza parte. Un primo bilancio e alcune prospettive di sviluppo sono contenuti nella quarta parte.

Laboratorio di matematica: la falegnameria a scuola

All’interno del progetto “La bottega rinascimentale nella scuola di oggi”, la scuola Ferraris si è occupata di realizzare una bottega di progettazione e costruzione di alcune macchine matematiche nella propria falegnameria (Fig. 1). Tra le

¹ <http://www.mmlab.unimore.it>

² <https://bottegamatematica.wordpress.com/>

Barbieri, S., Maschietto, M., Mazzamurro, M.S., Scorcioni, F., Serravall, R. (2017). Costruire e usare macchine matematiche in laboratorio. In O. Robutti, C. Sabena e M. Mosca (Eds.), *Insegnare e imparare matematica e fisica: Insegnanti e studenti per una didattica inclusiva, Atti del VI Convegno Di.Fi.Ma. 2015* (pp. 201-206). Milano: Ledizioni.

varie macchine matematiche, sono stati scelti i pantografi per le trasformazioni geometriche (più precisamente, per la simmetria assiale, simmetria centrale, traslazione, omotetia) in quanto corrispondenti a parte dei contenuti di matematica della scuola secondaria di primo grado. Il Laboratorio delle Macchine Matematiche ha fornito le copie che sono diventati i modelli per lo studio e la riproduzione.



Figura 1 La falegnameria

Gli allievi si sono impegnati nella falegnameria per quattro ore settimanali durante l'anno scolastico, sotto la guida di un tecnico (Fig. 2). In questo ambiente gli studenti hanno potuto toccare con mano lo sviluppo di una macchina, dalla sua progettazione alla sua realizzazione, incontrando allo stesso tempo tutti i problemi legati al suo funzionamento in relazione a quel che si vuole che la macchina riproduca.



Figura 2 Il lavoro nella falegnameria

Il lavoro è iniziato a novembre 2014 e si è concluso a fine anno scolastico. Sono state realizzate sei macchine per ogni tipo. Da marzo 2015 il laboratorio ha previsto la costruzione delle scatole di contenimento delle macchine (Fig. 3) mentre l'attività con le macchine stesse è stata effettuata nelle classi e durante le ore del laboratorio di potenziamento di scienze.



Figura 3 Le macchine realizzate e i loro contenitori

Dopo lo studio preliminare delle varie macchine matematiche, gli studenti hanno realizzato dapprima i primi prototipi (Fig. 4) per poi passare alla costruzione dei modelli. Questi ultimi, poi, sarebbero stati utilizzati non solo dai compagni in classe, ma anche da altre classi.

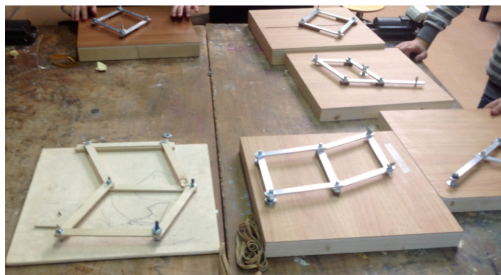


Figura 4 Le macchine realizzate: in basso a sinistra il prototipo di traslatore, in basso a destra la macchina finale

Barbieri, S., Maschietto, M., Mazzamurro, M.S., Scorcioni, F., Serravall, R. (2017). Costruire e usare macchine matematiche in laboratorio. In O. Robutti, C. Sabena e M. Mosca (Eds.), *Insegnare e imparare matematica e fisica: Insegnanti e studenti per una didattica inclusiva, Atti del VI Convegno Di.Fi.Ma. 2015* (pp. 201-206). Milano: Ledizioni.

Studiare il funzionamento e capire qual è lo scopo della macchina, e cercare di ottenere un nuovo modello che funzioni possibilmente meglio e che arrivi più facilmente ad ottenere quello che è lo scopo della macchina e contemporaneamente faccia comprendere il profondo senso di quello che la macchina fa, è sicuramente un modo di avvicinarsi al sapere non tramite solo conoscenze ed abilità, ma attraverso competenze. Nel lavoro in falegnameria gli studenti affrontano problematiche legate al funzionamento meccanico della macchina. In particolare, l'attrito rappresenta un problema fondamentale da risolvere. La realizzazione dell'artefatto comporta successivamente un suo utilizzo da parte del costruttore con una conseguente verifica della sua funzionalità. Attraverso la sperimentazione l'allievo si accorge dei limiti della propria macchina matematica e mette in discussione quanto prodotto per affinare e risistemare le sue idee.

Le macchine costruite dagli allievi risultano alla fine esteticamente diverse da quelle che sono servite da modello. Inoltre, sono presenti quegli elementi che legati all'obiettivo di migliorarne il funzionamento. Ad esempio, sono previste punte di metallo per i vertici dei quadrilateri che fungono da puntatori e contenitori di mine per i tracciatori, in modo però che possano essere inseriti e tolti secondo le necessità. Le macchine sono poi state costruite in modo da permettere l'uso di forme da percorrere per disegnare figure simmetriche (Fig. 5).

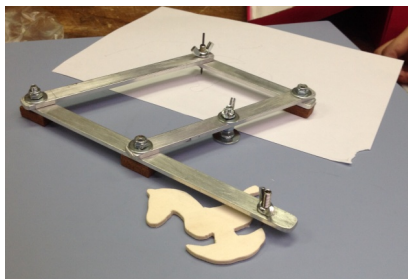


Figura 5 Un esempio di forma per disegnare figure simmetriche (simmetria centrale)

Laboratorio di matematica: la dimensione inclusiva

Le varie sperimentazioni condotte nel corso degli anni hanno messo in evidenza che le attività laboratoriali, nello specifico quelle con le macchine matematiche, hanno una forte valenza inclusiva. Essa si osserva e si attua sia nel lavoro in classe con macchine già pronte all'uso sia nel lavoro di costruzione in falegnameria. In entrambi i casi, il laboratorio di matematica mette gli studenti in una situazione di rottura del contratto didattico (Brousseau, 1986), sia nell'impostazione del lavoro di gruppo che viene proposto sia nella modalità di comunicazione tra pari e tra pari ed esperto.

Il carattere laboratoriale (in senso lato come metodologia didattica, ma anche in senso stretto come falegnameria) qui evidenziato e le sue componenti trasversali, sembrano portare in secondo piano i contenuti matematici: indipendentemente da cosa effettivamente svolge la macchina matematica diventa importante collaborare, condividere esperienze, analizzare e studiare la macchina per poterla replicare (costruire) e in un secondo tempo comprenderne l'uso matematico, ovvero riuscire ad argomentare perché quella macchina svolge quella particolare trasformazione geometrica.

Per costruire una macchina matematica si mettono in gioco risorse personali (cioè le conoscenze e le abilità padroneggiate dall'allievo), le strutture di interpretazione (come l'allievo legge le situazioni), le strategie di azione (come l'allievo agisce in risposta ad un problema) e i dispositivi di autoregolazione (come l'allievo apprende dall'esperienza e cambia le proprie strategie in funzione delle sollecitazioni provenienti dal contesto). I ragazzi implicati in questo tipo di attività laboratoriale sono ragazzi che hanno una buona manualità e sono al tempo stesso in grado di capire e di risolvere problemi, ma che spesso hanno una bassa soglia di attenzione durante le attività scolastiche canoniche. In questo contesto sono loro i fautori stessi del loro apprendimento, quindi si ingegnano per riuscire a trovare soluzioni a problemi concreti (come per esempio diminuire l'attrito delle varie componenti che non permette un buon funzionamento della macchina). Una volta capito il funzionamento della macchina, inteso come e cosa la macchina deve fare, i ragazzi hanno sviluppato strategie per ottenere un migliore funzionamento dell'artefatto. Il risultato è sorprendente, la facilità di utilizzo delle macchine costruite da loro è il frutto di tutta la cura che hanno impiegato in risorse, interpretazione e azione. Al tempo stesso possiamo osservare le dimensioni del saper agire durante il lavoro di team che vede implicati ragazzi oltretutto iperattivi, anche spesso in difficoltà con una lingua che non conoscono e con problematiche relazionali. Si sono contrapposte strategie di azione e di autoregolazione che rientrano a pieno titolo nelle competenze di cittadinanza, quindi al *saper agire* dobbiamo aggiungere il *voler agire* (motivazione, immagine di sé...) e il *poter agire* (interazione sociale, sensibilità al contesto...).

Barbieri, S., Maschietto, M., Mazzamurro, M.S., Scorcioni, F., Serravall, R. (2017). Costruire e usare macchine matematiche in laboratorio. In O. Robutti, C. Sabena e M. Mosca (Eds.), *Insegnare e imparare matematica e fisica: Insegnanti e studenti per una didattica inclusiva, Atti del VI Convegno Di.Fi.Ma. 2015* (pp. 201-206). Milano: Ledizioni.

Laboratorio di matematica: la valutazione

Un altro aspetto che si vuole sottolineare in questo articolo è la questione della valutazione all'interno del contesto laboratoriale di costruzione collettiva dei significati. La questione della valutazione si pone con forza in quanto nel laboratorio di matematica gli studenti acquisiscono competenze matematiche e metacognitive che devono poter essere certificate. Il metodo scelto e sperimentato è quello della valutazione autentica (Comoglio, 2002; Petracca, 2015). La declinazione adottata discende dal Modello Certificazione Competenze per la scuola secondaria di primo grado (sperimentazione CM n.3 13 febbraio 2015), ove non sono mancate schede di osservazione strutturate sugli indicatori delle competenze trasversali e sociali degli studenti per monitorare e valutare le esperienze (Pellerey, 2004; Petracca, 2015, Da Re, 2014).

In itinere gli indicatori delle competenze trasversali e sociali degli studenti sono stati rilevati attraverso una checklist opportunamente strutturata secondo una tabella a doppia entrata che riporta indicatori esplicativi (i livelli: avanzato, intermedio, base, iniziale) e indicatori di competenza. In particolare, gli indicatori di competenza sono relativi a:

- autonomia: è capace di reperire da solo strumenti o materiali necessari e di usarli in modo efficace;
- relazione: interagisce con i compagni, sa esprimere e infondere fiducia, sa creare un clima propositivo;
- partecipazione: collabora, formula richieste di aiuto, offre il proprio contributo;
- responsabilità: rispetta i temi assegnati e le fasi previste del lavoro, porta a termine la consegna ricevuta;
- flessibilità: reagisce a situazioni o esigenze non previste con proposte divergenti, con soluzioni funzionali, con utilizzo originale di materiali, ecc.;
- consapevolezza: è consapevole degli effetti delle sue scelte e delle sue azioni.

Si sono potute valutare inoltre alcune competenze quali: imparare ad imparare, competenza digitale e competenze di lavorare in gruppo, spirito di iniziativa e imprenditorialità.

È stata infine costruita una griglia di osservazione (Fig. 6) del lavoro in falegnameria, con l'indicazione dei livelli (non ancora, qualche volta, frequentemente, sempre) raggiunti in

- Sicurezza: rispetta le norme di sicurezza;
- Strumenti di lavoro: rispetta le sequenze operative, rispetta i tempi, mantiene una giusta postura durante il lavoro, utilizza correttamente gli utensili e le macchine;
- Processi: allestisce il posto di lavoro con ordine, imposta il lavoro in modo corretto, riordina il posto di lavoro a fine attività.

Allievo:		Non ancora	Qualche volta	frequentemente	sempre	Comments		
Date di osservazione: _____						INSEGNANTE	STUDENTE	
Competenza: Eseguire le diverse forme di taglio rispettando le fasi operative								
Competenza lavoro falegnameria	Processi	Allestisce il posto di lavoro con ordine						
		Imposta il lavoro in modo corretto						
		Riordina il posto di lavoro a fine attività						
	Strumenti di lavoro	Rispetta le sequenze operative						
		Rispetta i tempi						
		Mantiene una giusta postura durante il lavoro						
		Utilizza correttamente gli utensili e le macchine						
Sicurezza	Rispetta le norme di sicurezza							

Figura 6 Griglia di osservazione del lavoro in falegnameria

Primo bilancio e prospettive

Il bilancio delle sessioni di laboratorio attuate e degli strumenti osservativi messi in atto, e complessivamente del progetto, è senza dubbio positivo. Le attività del progetto hanno avuto un ulteriore proseguo. Gli allievi sono coinvolti nella realizzazione di una sorta di manuale di utilizzo delle macchine, una scheda storica e delle schede per attività di laboratorio da allegare ad ogni macchina in modo che "macchina e manuale" (in lingua italiana e inglese) entrino a far parte della attrezzatura del laboratorio scientifico per le attività future della scuola tramite una sperimentazione con le macchine nelle classi, e per tutte le scuole che ne facciano richiesta. E' prevista la continuazione del progetto, con la costruzione di altri modelli matematici.

Alcuni studenti sono stati coinvolti come assistenti di falegnameria durante la giornata di formazione per insegnanti prevista nell'evento "La bottega rinascimentale" svoltosi dal 22 al 24 ottobre a Modena. Questo ha ulteriormente permesso loro di reinvestire le competenze sviluppate.

Barbieri, S., Maschietto, M., Mazzamurro, M.S., Scorcioni, F., Serravall, R. (2017). Costruire e usare macchine matematiche in laboratorio. In O. Robutti, C. Sabena e M. Mosca (Eds.), *Insegnare e imparare matematica e fisica: Insegnanti e studenti per una didattica inclusiva, Atti del VI Convegno Di.Fi.Ma. 2015* (pp. 201-206). Milano: Ledizioni.

Bibliografia

- AA.VV. UMI (2004). In G. Anichini, F. Arzarello, L. Ciarrapico, & O. Robutti (Eds.), *Matematica 2003. La matematica per il cittadino. Attività didattiche e prove di verifica per un nuovo curriculum di Matematica (Ciclo secondario)*. Lucca: Matteoni stampatore.
- Barbieri, S. & Maschietto, M. (2012). Attività nel laboratorio di matematica: costruzioni con riga e compasso. In O. Robutti & M. Mosca (Eds.), *Atti del V Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e delle Matematica Di.Fi.Ma. 2011, Il curriculum di matematica e di fisica nella scuola del III millennio: infanzia, primaria, secondaria di primo e secondo grado* (pp.181-192). Torino: Kim Williams Books.
- Bartolini Bussi, M.G. (2010). Quadro di riferimento. In USR E-R, ANSAS e IRRE E-R, Regione Emilia-Romagna, F. Martignone (Eds.), *Scienze e Tecnologie in Emilia-Romagna* (Vol. 2, pp. 40-55). Napoli: Tecnodid Editrice.
- Bettini, G. Facchetti, C. & Maschietto, M. (2012). Costruzione di significati nel laboratorio di matematica: attività con il macchina matematica per la simmetria assiale. In O. Robutti & M. Mosca (Eds.), *Atti del V Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e delle Matematica Di.Fi.Ma. 2011, Il curriculum di matematica e di fisica nella scuola del III millennio: infanzia, primaria, secondaria di primo e secondo grado* (pp. 193-204). Torino: Kim Williams Books.
- Borel, E. (1904/2002). Les exercices pratiques de mathématiques dans l'enseignement secondaire. *Gazette de la Société Mathématique de France*, 93, pp. 47-64.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 7(2), pp. 33-115.
- Comoglio, M. (2002). La "valutazione autentica". *Orientamenti pedagogici*, 49 (1), pp. 93-112.
- Pellerey, M. (2004). *Le competenze individuali e il Portfolio*. Milano: ETAS.
- Petracca, C. (2015). *La costruzione del curriculum per competenze*. Teramo: Lisciani.
- Scapin, C. & Da Re, F. (2014). *Didattica per competenze e inclusione. Dalle indicazioni nazionale all'applicazione in classe*. Trento: Erickson.
- Scorcioni, F. & Maschietto, M. (2015). Il teorema di Pitagora con le macchine matematiche. In O. Robutti & M. Mosca (Eds.), *Atti del VI Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e delle Matematica Di.Fi.Ma 2013, I docenti di matematica e fisica di fronte ai mutamenti della scuola: concetti, processi, valutazione* (pp. 257-267). Milano: Ledizioni.

Comunicazione nell'ambito nel progetto PANN14T2_00523 « La bottega rinascimentale nella scuola di oggi: storia, strumenti e laboratorio di matematica ».