

La robotica educativa per l'apprendimento della matematica. Un'esperienza nella scuola elementare

Educational robotics for learning mathematics. An experience in primary school

*Marco Beltrametti, °Lorella Campolucci, °Danila Maori, *Lucio Negrini e *Silvia Sbaragli

♦Pedagogista, Italia

°I.C. Corinaldo (AN, Italia) - RSDDM Bologna, Italia

*Dipartimento formazione e apprendimento, SUPSI, Svizzera

Sunto / I robot sono sempre più presenti attorno a noi e sono entrati anche nelle scuole grazie alla robotica educativa. In questo articolo si introducono i riferimenti teorici a cui si rifà la robotica educativa e si discute sul perché portarla a scuola. Con le attività di robotica educativa si perseguono diverse finalità: da una parte i robot vengono usati per avvicinare i giovani alle tecnologie e al pensiero informatico, dall'altra possono fungere da supporto per sviluppare competenze sia disciplinari che trasversali. Alcuni studi in quest'ambito vengono passati in rassegna. L'articolo presenta anche alcuni robot utilizzabili in classe e una sperimentazione avvenuta in prima e quarta elementare a Corinaldo (AN) effettuata con il BeeBot.

Parole chiave: robotica educativa; matematica; STEM; pensiero informatico; competenze trasversali.

Abstract / Robots are more and more present around us and have also entered schools thanks to educational robotics. This article introduces the theoretical references to educational robotics and discusses the reasons for introducing it into school curricula. The activities of educational robotics permit to pursue different goals: on one hand robots are used to familiarize pupils to technology and computational thinking, on the other they can serve as a support to develop disciplinary and transversal skills. Some studies in this field are reviewed. The article, eventually, presents robots that can be used in school classes along with an experimentation realized in the 3rd and 6th grade using BeeBot.

Keywords: educational robotics; mathematics; STEM; computational thinking; transversal skills.

1 Introduzione

I robot possono essere definiti come «macchine dotate di sensori (di contatto, di distanza, di colore, di forza ecc.) che gli permettono di percepire l'ambiente, di motori che gli permettono di muoversi e di agire sull'ambiente e di un sistema che controlla ciò che il robot esegue in funzione di ciò che percepisce» (Calmet, Hirtzig & Wilgenbus, 2016, p. 27, traduzione dell'autore). Il termine robot deriva dal ceco "robota" che significa "lavoro faticoso" e fu usato la prima volta dallo scrittore K. Čapek per definire gli automi che lavoravano al posto degli operai nella sua opera teatrale fantascientifica del 1920. Il primo robot industriale entrò in funzione nel 1954 nella catena di montaggio della General Motors. Da allora l'importanza scientifica, sociale ed economica dei robot è aumentata considerevolmente. Oggi i robot sono presenti ovunque attorno a noi: assemblano automobili nelle fabbriche, tagliano l'erba nei

giardini, preparano il pane nelle cucine, operano negli ospedali e sempre più spesso li vediamo anche in strada (automobili che si guidano da sole) o in cielo intenti a trasportare pacchi da un punto all'altro (per esempio i droni di Amazon). I robot sono presenti anche nel campo dell'educazione. Nelle università sono oggetto di studio dove si cerca di perfezionarne i comportamenti così da riprodurre le movenze umane e, grazie all'intelligenza artificiale, di fargli risolvere tipi di problemi riservati per ora solo agli esseri umani. Non sono però presenti solo nelle università ma anche nelle scuole di tutti gli ordini: dalla scuola dell'infanzia ai licei dove vengono usati come artefatti cognitivi (Papert, 1984; Norman, 1993), ossia oggetti che possono facilitare lo sviluppo di specifici apprendimenti e allo stesso tempo permettono di avvicinare i giovani alle tecnologie. In questo senso si parla anche di robotica educativa.

2 Cos'è la robotica educativa

Benché la presenza dei robot citati precedentemente sia visibile soprattutto a partire dagli ultimi anni, la robotica educativa nasce già verso la fine degli anni '60 grazie a Seymour Papert, professore al Massachusetts Institute of Technology (MIT), che fu uno dei primi a intuire che i robot avrebbero potuto favorire l'apprendimento (Moro, Menegatti, Sella & Perona, 2011). Papert e i suoi collaboratori svilupparono diverse tecnologie che poi testarono nelle scuole. Uno dei più famosi robot è conosciuto come la tartaruga LOGO, una grossa semisfera programmabile con delle ruote per muoversi e dei pennarelli sulla parte inferiore per disegnare. Utilizzando il linguaggio LOGO (pure creato da Papert) gli allievi potevano far eseguire alla semisfera diverse operazioni, come per esempio disegnare delle figure geometriche. Il LOGO si diffuse nelle scuole, ma poi fu abbandonato. Dallo sviluppo dei prodotti creati da Papert e colleghi nascerà il primo kit robotico ancora oggi molto diffuso nelle scuole, ossia il LEGO Mindstorms (Moro et al., 2011). Grazie a questi kit è possibile eseguire delle attività che, oltre a favorire l'aspetto ludico, possono stimolare una serie di capacità e abilità, ovviamente se proposte e gestite con criticità e sensibilità da parte dei docenti. Non è in effetti solo perché vi è un artefatto in classe, come ad esempio un robot, che si crea automaticamente apprendimento negli allievi, come hanno dimostrato la didattica della matematica negli ultimi trent'anni (D'Amore, & Fandiño Pinilla, 2016) o gli studi sull'uso delle tecnologie in classe (per esempio OECD, 2015). Come affermano D'Amore & Fandiño Pinilla (2014): «(...) è necessario conoscere bene vantaggi e svantaggi, per usare quello strumento, qualsiasi strumento, con acutezza e capacità critica. Occorre dominare lo strumento e non esserne dominati» (p. 99).

La storia della didattica della matematica mostra come spesso ci siano degli innamoramenti per strumenti e materiali che sembrano panacee, che poi vengono dimenticati dai docenti stessi (D'Amore, 1999). Non è intenzione mettere in discussione il ruolo che gli artefatti e i diversi materiali possono avere nel processo di insegnamento-apprendimento, ma in questi spesso si ripone troppa fiducia, così come alle attività che attorno ad essi ruotano, mentre si sottovaluta il fondamentale rapporto docente-allievi e sapere in gioco. Se il docente riflette con sensibilità e criticità sul processo di insegnamento-apprendimento, i robot possono quindi diventare "oggetti con cui ragionare", come avevano auspicato Papert (1991) e Resnick e colleghi (1998).

Alla base delle attività di robotica educativa, si può classicamente ritrovare un modo di considerare l'apprendimento come la costruzione attiva del sapere in interazione con il mondo e quindi tramite la manipolazione degli oggetti, come evidenziato storicamente dal costruttivismo di Piaget (1954). Papert, avendo lavorato con Piaget su studi sull'apprendimento della matematica (Catlin & Wollard, 2014), riprende i principi fondamentali della teoria di Piaget e basandosi su di essi conia il termine *costruzionismo* che sta alla base delle attività di robotica educativa. L'idea di fondo è che la costruzione e la manipolazione di oggetti fisici giocano un ruolo fondamentale nel processo di apprendimento in un'ottica di *learning by doing* (Moro et al., 2011). Per risolvere un problema gli studenti devono utilizzare il loro sapere per progettare e pianificare una soluzione e poi manipolare degli oggetti come i robot per testare se la soluzione pensata funziona (Holmquist, 2014). Per esemplificare questo passaggio, si riporta un esempio tratto da Moro et al.:

«Ad esempio uno studente potrebbe ragionare su quale sia il modo migliore di sfruttare il suo kit di pezzi per realizzare una piccola gru in grado di alzare oggetti il più pesanti possibile. Inizialmente l'alunno sfrutterà le sue conoscenze sulla realtà fisica per immaginare la gru con le migliori caratteristiche che le permettano di sollevare il maggior carico possibile. Successivamente, realizzerà il robot assemblando e programmando nei movimenti. Infine, testerà le proprie congetture relative al massimo carico di peso che la gru potrà sopportare ed eventualmente potrà pensare alle future modifiche. Si innescherà così un circolo che, partendo dalla mente e dalla cognizione del soggetto, passa per la realtà fisica attraverso la manipolazione degli oggetti e torna alla sfera del ragionamento».

(2011, p.20)

Damiani (2015) sottolinea l'importanza della manipolazione e il ruolo del corpo nell'apprendimento affermando che «il nostro corpo non solo svolge una funzione di mediazione sensoriale ed esecutiva tra cervello e mondo esterno, ma costituisce il dispositivo principale attraverso il quale, realizzando esperienze, sviluppiamo apprendimento e produciamo conoscenza» (p. 119). La manipolazione degli oggetti permette inoltre di rendere visualizzabile l'apprendimento e di favorire la verbalizzazione dei propri ragionamenti e la condivisione delle proprie scoperte. In tutto ciò non va infatti dimenticato il ruolo sociale dell'apprendimento, che permette lo sviluppo di competenze trasversali tramite il confronto con gli altri.

Gli aspetti fondamentali del costruzionismo e quindi dell'inquadramento classico della attività di robotica educativa possono quindi essere riassunte in a) apprendimento situato e legato all'esperienza diretta, b) costruzione attiva del sapere da parte dell'individuo, c) manipolazione di artefatti cognitivi che possono facilitare l'apprendimento e la sua condivisione (Moro et al., 2011). Tale classico punto di partenza della robotica educativa, può essere ampliato e attualizzato tramite la prospettiva della *mediazione semiotica*, che rinvia al quadro teorico vygotskiano, ripreso da Bartolini Bussi e Mariotti (2009) o dall'approccio semiotico culturale proposto da Luis Radford a partire dagli anni 2000 che attribuisce un ruolo centrale alla semiotica inserita in una visione antropologica del pensiero, degli oggetti matematici e dell'apprendimento. Il pensiero viene quindi considerato come *un'unità dinamica di componenti materiali e ideali* – una pratica sociale tangibile materializzata nel corpo (per esempio attraverso azioni cinestetiche, gesti, percezione, visualizzazione), nell'uso di segni (per esempio: simboli

matematici, grafici, lingua scritta e parlata) e di artefatti di vari tipi (righelli, calcolatrici, robot e così via). In questa prospettiva teorica si ritiene che lo sviluppo delle competenze matematiche, ma non solo, sia essenzialmente culturale e dipenda dalle condizioni contestuali, quindi anche dalle situazioni che vengono proposte e favorite in classe (Radford, 2005, 2006).

3 Perché portare la robotica educativa a scuola

Negli ultimi anni sono nate diverse iniziative con l'intento di diffondere la robotica educativa sia nel tempo libero con i vari tornei di robotica (per esempio la [First Lego League](#) pensata per i ragazzi fra i 9 e i 16 anni con l'uso dei robot della Lego Mindstorms) sia nella scuola con corsi di robotica (in Ticino possiamo citare il corso di opzione tecnologica nella scuola media o le attività del [progetto PReSO](#) nella scuola dell'obbligo). Gli obiettivi perseguiti da queste iniziative sono per esempio l'orientare i giovani alle tecnologie e al pensiero informatico (anche chiamato pensiero computazionale), il favorire le competenze trasversali o lo sviluppare competenze specifiche legate alle varie discipline. Di seguito una breve descrizione degli obiettivi citati.

Orientare i giovani alle tecnologie e alle discipline MINT

La diffusione della robotica educativa è stata sostenuta anche dalle varie iniziative volte a favorire le discipline MINT (matematica, informatica, scienze naturali e tecniche). Infatti nonostante la crescita, in termini assoluti, di giovani interessati alle scienze e che intraprendono carriere in questo ambito, il mercato del lavoro e della ricerca in tutti i paesi industrializzati conosce una carenza conclamata di personale specializzato nelle scienze naturali e tecniche, soprattutto di sesso femminile e nell'ambito dell'informatica (Holmquist, 2014; Consiglio federale, 2010). Le iniziative di robotica educativa vengono quindi sostenute con l'intento di coinvolgere più giovani nel campo delle MINT e interessarli a queste discipline. La robotica educativa permette infatti di proporre attività legate alle discipline MINT, che spesso vengono percepite da alcuni allievi come troppo astratte e noiose, in modo concreto e accattivante, aumentando la loro motivazione e il loro interesse per quest'ambito e avvicinandoli così alle tecnologie.

Sviluppare il pensiero informatico (o pensiero computazionale)

Oltre ad avvicinare i giovani alle tecnologie, la robotica educativa permette di sviluppare il pensiero informatico, che si può definire come «un processo mentale per far risolvere problemi a un agente, sia esso persona o macchina, fornendogli una serie di istruzioni che deve eseguire in autonomia» (Nardelli, 2017, I par.). Questo processo mentale si basa sui concetti fondamentali dell'informatica che includono per esempio la capacità di formulare problemi, organizzare logicamente e analizzare i dati, rappresentare i dati tramite astrazioni, modelli e simulazioni, automatizzare la risoluzione dei problemi tramite il pensiero algoritmico, testare e migliorare le possibili soluzioni (Lodi, 2013).

Con la robotica educativa si lavora soprattutto su tre concetti fondamentali dell'informatica:

1. la sequenza, che permette di eseguire dei comandi in un ordine dato;
2. la condizione, che permette di eseguire un comando oppure un altro a seconda della condizione (se...allora);
3. l'iterazione, che permette di ripetere più volte una sequenza di comandi.

La combinazione di questi elementi permette di ottenere dei primi algoritmi che poi vengono testati immediatamente e, in caso di errore, perfezionati. Il pensiero informatico lo possiamo trovare in qualsiasi ambito scolastico e in varie situazioni della vita di tutti i giorni; può essere considerato un modo di pensare che può permettere di «risolvere problemi, progettare sistemi, comprendere il comportamento umano basandosi sui concetti fondamentali dell'informatica» (Wing, 2006, p. 33, traduzione dell'autore). Tale pensiero non è però assimilabile "solo" al risolvere problemi: descrivere il pensiero computazionale unicamente come la competenza che permette di risolvere problemi (problem solving) è erroneo, «I matematici hanno risolto problemi per anni, ma solo quando hanno iniziato a riflettere sulla possibilità e sulle implicazioni di "far risolvere" i problemi a qualcun altro, si è messa in moto un'evoluzione che ha portato alla nascita della nuova disciplina scientifica, l'informatica» (Nardelli, 2017, IV par.). Quindi non "problem solving" in prima persona, ma per qualcuno che deve agire al tuo posto per risolvere un problema. In altre parole, il pensiero computazionale è un processo mentale che conduce a specificare procedure che un esecutore può realizzare autonomamente. Va però considerato che il far risolvere i problemi a qualcun altro, rappresenta un aspetto specifico che non sminuisce l'importanza di far acquisire agli allievi la competenza di risolvere problemi in prima persona, eventualmente con il contributo degli altri. Risolvere problemi rappresenta infatti una delle attività più significative del genere umano, così come sosteneva Polya (1967), e per questo vanno favoriti da parte del docente una grande ricchezza di proposte, situazioni e contesti diversi che mobilitino una moltitudine di strategie risolutive. È importante che non avvenga anche per le proposte di robotica educativa ciò che è accaduto per il pensiero insiemistico nel periodo della Matematica moderna o Nuova Matematica. La teoria insiemistica basata su classificazioni, sequenze, successioni logiche, diagrammi di flusso, ecc., fu considerata per anni la panacea dell'insegnamento, diffondendosi con forza in tutte le scuole e diventando una proposta in certi casi univoca, ma successivamente fu abbandonata (D'Amore, 1999). La pluralità di esperienze, strumenti e metodi rimane fondamentale e le attività di robotica educativa possono rappresentare una ricca proposta tra le tante possibili.

Sviluppare competenze trasversali

La robotica educativa, così come altre proposte didattiche, può permettere di sviluppare una serie di competenze fondamentali per la società moderna. Ad oggi la ricerca empirica ci fornisce ancora poche risposte su quali siano gli effetti dell'utilizzo di robot sulle competenze degli allievi (Benitti, 2012), ma esistono alcune esperienze pratiche che ci elencano quali sono i processi cognitivi e le competenze maggiormente stimulate dalla robotica educativa: fra queste troviamo competenze trasversali come per esempio il problem solving (nelle attività di robotica gli allievi devono prima capire qual è il problema, rappresentarsi una soluzione, pianificare l'azione costruendo e programmando il robot, testarla e in caso migliorarla); (Moro et al., 2011), il lavoro collaborativo (spesso le attività di robotica avvengono in piccoli gruppi con una didattica per progetti); (Nugent, Barker, Grandgenett & Adamchuk, 2009; Grimaldi, 2015), la

creatività (per esempio nella costruzione dei robot o nell'ideazione di una soluzione); (Beltrametti, 2014), la pianificazione (per programmare il robot bisogna pianificare la sequenza d'ordini da impartire); (Moro et al., 2011; Sullivan, 2008) o lo sviluppo di strategie di comunicazione (il linguaggio di programmazione è una forma di comunicazione); (Johnson et al., 2016). Le attività di robotica educativa vengono utilizzate anche con bambini con bisogni educativi speciali o con disturbi dello spettro autistico ottenendo risultati incoraggianti (Owens, Granader, Humphrey & Baron-Cohen, 2008; Grimaldi, 2015).

Sviluppare competenze disciplinari: il caso della matematica

Molte delle attività di robotica educativa sono state sviluppate per permettere l'apprendimento di competenze trasversali o competenze affini con la robotica e l'informatica, come per esempio la programmazione, la meccanica (costruzione di robot) o l'elettronica (Benitti, 2012). Alcuni educatori hanno però ampliato le possibili applicazioni della robotica nella scuola creando delle attività che vanno a coinvolgere altre discipline come la matematica, così come discipline apparentemente più lontane dalla robotica come le lingue o le arti. È proprio nel campo della matematica che la robotica educativa si è sviluppata maggiormente. Benitti (2012), in un review sugli studi di robotica, afferma che circa l'80% delle esperienze di robotica educativa avviene nel campo della matematica o della fisica. Negli ultimi anni sono infatti apparsi diversi itinerari didattici che fanno uso di robot per sviluppare competenze matematiche. Fra le attività più comuni troviamo quelle per sviluppare competenze legate per esempio al concetto di distanza (Mitnik, Nussbaum & Soto, 2008) o di angolo (Mitnik et al., 2008; Grimaldi, 2015), e a concetti di relazione spazio-temporale (Grimaldi, 2015; Julià & Antolí, 2016). Per esempio Mitnik et al. (2008) nel loro studio condotto con 70 allievi divisi in due gruppi (uno che ha fatto uso di robot educativi per le attività legate ai concetti di angolo e distanza e uno che ha svolto le attività senza l'utilizzo di robot), dichiarano che gli allievi che hanno utilizzato i robot raggiungono risultati migliori nei due argomenti trattati. Inoltre, hanno osservato come nel gruppo che ha utilizzato i robot ci fosse più collaborazione e fossero più motivati a svolgere le attività, mentre nel secondo gruppo gli allievi si annoiassero con più facilità. Anche Grimaldi (2015) arriva alle stesse conclusioni sempre per il concetto di angolo e di relazioni spazio-temporale. L'autore osserva anche come gli studenti con più difficoltà abbiano ottenuto risultati più soddisfacenti con l'utilizzo dei robot. Alle stesse conclusioni sono giunti anche Julià e Antolí (2016) per l'apprendimento di alcuni concetti spaziali, sempre mettendo a confronto corsi tenuti in modo tradizionale con corsi che facevano uso di robot educativi. I risultati di tali esperienze non sono certamente generalizzabili, ma mettono in evidenza le sperimentazioni che si stanno svolgendo attualmente in questo campo.

4 Come, quando e quali robot utilizzare?

Negli ultimi anni sono apparsi diversi robot educativi espressamente costruiti per i bambini e i ragazzi, che possono permettere al docente di progettare percorsi didattici stimolanti. Nel primo ciclo della scuola dell'obbligo (scuola dell'infanzia e primi due anni della scuola elementare) viene spesso usato BeeBot e la sua versione aggiornata

BlueBot, che permette anche una connessione al tablet tramite bluetooth (in realtà BeeBot e BlueBot non sono dei robot perché privi di sensori). Il suo aspetto simpatico attira subito l'attenzione dei bambini che maneggiandolo imparano i comandi per programmarlo e si avvicinano così alle basi della programmazione sequenziale. Per il secondo ciclo della scuola elementare si può utilizzare il robot della lego WeDo 2.0, un robot da costruire coi mattoncini Lego e programmabile con linguaggi procedurali iconici. Sempre della Lego, ma per allievi di scuola media, ha molto successo il robot Mindstorm EV3. Per finire si sta diffondendo come robot educativo versatile e utilizzabile da una fascia d'età ampia che va dai 4 ai 14 anni il robot Thymio II, creato al politecnico di Losanna e programmabile con un linguaggio iconico per eventi.

Il referente pedagogico storico dell'uso scolastico di questi robot è rintracciabile, come già anticipato, nei lavori di Papert e nel costruzionismo. Le idee di Papert, che promuoveva l'apprendimento in un'ottica di *learning by doing* attraverso la costruzione e la manipolazione di oggetti fisici, possono essere considerate in parte ancora attuali, ma è utile ricordare che l'attuazione di queste idee richiede un profondo cambiamento della didattica scolastica da trasmissiva a laboratoriale, strutturata per progetti, che incentivi la collaborazione e la discussione tra gli allievi. Nelle attività di robotica educativa, condotte con un approccio di tipo sperimentale, gli alunni acquisiscono competenze provando ed esplorando le possibili soluzioni scaturite da una situazione, seguendo strategie diverse. In questo caso, i possibili errori dovuti a strategie inadeguate, non devono essere concepiti come fallimentari, ma devono essere visti in modo positivo da docenti e allievi. L'errore diventa fonte di apprendimento e gli studenti devono essere motivati a riprovare altre strategie per trovare la soluzione corretta (Moro et al., 2011). Per illustrare quanto descritto riportiamo di seguito un'esperienza di robotica educativa realizzata in una scuola italiana con l'uso del BeeBot; altre esperienze avvenute nelle scuole ticinesi saranno presentate nei prossimi numeri di questa rivista.

5 Percorsi didattici con BeeBot

Nella scuola elementare di Corinaldo (AN), in Italia, sono state realizzate delle esperienze di robotica educativa che hanno coinvolto due classi prime, costituite da 43 allievi in totale, e due quarte costituite da 41 allievi. I percorsi sono stati progettati in modo congiunto da tutto il team dei docenti, essendo basati su un progetto multidisciplinare che coinvolge la matematica, le scienze, la tecnologia, la lingua italiana e l'arte.

Tramite queste sperimentazioni, si è potuto constatare come le esperienze di robotica educativa possano avere una indubbia ricaduta sullo sviluppo cognitivo e personale dell'individuo, permettendo di favorire competenze trasversali, considerate oggi essenziali per la formazione del futuro cittadino, le cosiddette *soft skills*, tra le quali emergono la collaborazione e la capacità di lavorare in gruppo, l'attitudine ad affrontare situazioni-problema, la valorizzazione delle differenze, lo sviluppo della curiosità, dell'attenzione e della motivazione, l'efficacia relazionale e la comunicazione. Allo stesso tempo, queste esperienze sono risultate di supporto alle diverse discipline curricolari, in particolare alla matematica, tramite una didattica per progetti.

Di seguito si riportano le principali competenze mobilitate dai percorsi realizzati tratte da diversi documenti italiani; è possibile rintracciare analoghe competenze nel Piano di studio della scuola dell'obbligo ticinese (DECS, 2015) ([vedi link](#)).

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO
Competenze Chiave Europee esplicitate in EU (2006); Competenze di Cittadinanza specificate in MIUR (2007); Traguardi di competenza presenti in MIUR (2012); MIUR (2015).
COMPETENZE TRASVERSALI
Spirito di iniziativa e imprenditorialità: risolvere i problemi che si incontrano nella vita e nel lavoro e proporre soluzioni; valutare rischi e opportunità; scegliere tra opzioni diverse; prendere decisioni; agire con flessibilità; progettare e pianificare; valutare i vincoli e le possibilità esistenti, definendo strategie di azione e verificando i risultati raggiunti.
Imparare a imparare: perseverare nell'apprendimento, organizzare il proprio apprendimento attraverso una gestione efficace del tempo e delle informazioni.
Competenze sociali e civiche: collaborare e partecipare, interagire in gruppo, comprendendo i diversi punti di vista, valorizzando le proprie e le altrui capacità, gestendo la conflittualità, contribuendo all'apprendimento comune e alla realizzazione delle attività collettive, nel riconoscimento dei diritti fondamentali degli altri.
Competenze digitali: saper utilizzare con dimestichezza e spirito critico le tecnologie.
TRAGUARDI DI COMPETENZA DISCIPLINARI
Matematica L'alunno/a – Riesce a risolvere facili problemi in tutti gli ambiti di contenuto, mantenendo il controllo sia sul processo risolutivo, sia sui risultati. Descrive il procedimento seguito e riconosce strategie di soluzione diverse dalla propria. – Costruisce ragionamenti formulando ipotesi, sostenendo le proprie idee e confrontandosi con il punto di vista degli altri. – Riconosce e utilizza rappresentazioni diverse di oggetti matematici. – Utilizza strumenti per il disegno geometrico e i più comuni strumenti di misura. – Sviluppa un atteggiamento positivo rispetto alla matematica, attraverso esperienze significative che gli hanno fatto intuire come gli strumenti matematici che ha imparato a utilizzare siano utili per operare nella realtà.
Tecnologia – Produce semplici modelli o rappresentazioni grafiche del proprio operato utilizzando elementi del disegno tecnico o strumenti multimediali.
Scienze – L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere.
Italiano – Partecipa a scambi comunicativi con i compagni e insegnanti rispettando il proprio turno e formulando messaggi chiari e pertinenti, in un registro il più possibile adeguato alla situazione.
Arte – Utilizza le conoscenze e le abilità relative al linguaggio visivo per produrre varie tipologie di testi visivi e rielaborare in modo creativo le immagini.

6 L'approccio metodologico

L'approccio metodologico scelto è legato alla didattica laboratoriale, al lavoro di gruppo e alla didattica ludica che rappresentano potenti mezzi di apprendimento, di sviluppo del pensiero critico e delle competenze rivolte alla risoluzione di problemi.

Il laboratorio didattico è il luogo (e il tempo) in cui si impara insieme, progettando, facendo, costruendo, esplorando, scoprendo, rivedendo le proprie scelte, aggiustandole per migliorare i prodotti; si lavora contemporaneamente alla costruzione di oggetti, di processi di pensiero e di ragionamenti; si impara attraverso il fare (*learning by doing*) consapevole (*learning by thinking*) e collaborativo (*cooperative learning*).

Le allieve e gli allievi sono al centro del processo educativo, sono protagonisti del loro apprendimento, si confrontano e discutono, comunicano e condividono le loro idee. Il ruolo dei docenti cambia e, diversamente da quello che avviene in una lezione frontale, gli insegnanti svolgono il ruolo di "mediatori culturali", supportando, consigliando e aiutando gli allievi nel processo di apprendimento. Anche l'approccio all'errore si modifica: nelle attività presentate l'errore diventa una "risorsa" per migliorare e per migliorarsi.

7 Racconto del percorso con BeeBot nelle classi prime

Prima fase: l'esplorazione e la scoperta

Una mattina, gli allievi sono stati condotti in un ambiente predisposto per svolgere esperienze di laboratorio (una classe alla volta), dove era stato allestito un villaggio delle api con delle casette di cartone (costruite dagli allievi di un'altra classe), contenenti sei api BeeBot.



Figura 1
Le casette delle api
BeeBot.

Gli alunni, con l'insegnante di scienze, attraverso brevi video e immagini tratte da internet, avevano precedentemente conosciuto il meraviglioso mondo delle api: i loro comportamenti e l'ambiente di vita, l'importanza della società delle api, la bontà e l'effetto benefico dei loro prodotti; pertanto, disposti in cerchio, si sono subito mostrati incuriositi e si sono avvicinati alle casette per scoprire cosa c'era dentro. Inizialmente, sono stati lasciati completamente liberi di prendere in mano le apine-robot per osservarle e giocarci e, man mano che venivano manipolate, l'interesse di tutti aumentava.

Qualcuno cercava di far camminare l'apina facendola strisciare sul pavimento, altri erano rimasti timorosi e non osavano premere i comandi sul dorso delle apine, altri invece scoprivano le potenzialità dell'artefatto agendo sui tasti comando: *avanti*, *indietro*, *gira a destra*, *gira a sinistra* e *"Go"*. Ogni scoperta era una conquista e orgogliosamente veniva condivisa con i compagni. Ben presto tutti i bambini si sono organizzati e, in modo autonomo, si sono suddivisi in gruppi per sbizzarrirsi in percorsi sempre più complessi: sul pavimento, sotto le gambe, nel "tunnel" dei tavoli, ecc., e, mentre giocavano, si confrontavano, scambiavano idee e scoperte, ipotizzavano percorsi e li sperimentavano, verificando immediatamente la correttezza delle loro programmazioni. Talvolta la verifica immediata li metteva in crisi perché non capivano il motivo per cui l'ape sembrava non rispettare i comandi impartiti, quando per esempio programmano un certo percorso e poi ne aggiungevano un altro senza cancellare il precedente. Giocando sulle superfici libere, però, era talmente forte il desiderio di veder muovere le apine, che nessuno dei bambini si è preoccupato troppo di questo aspetto.

Operando per tentativi ed errori, gli allievi hanno potuto scoprire personalmente il funzionamento delle apine-robot per poi condividere con gli altri gruppi le proprie intuizioni, argomentandole e, in alcuni casi, accettando di cambiare il proprio punto di vista. In questa fase non era ancora chiaro il significato dei tasti "clear" e "pause".



Figura 2
Esplorazione libera del
robot.

Successivamente, i bambini sono stati suddivisi in sei gruppi e, a ciascuno, sono stati consegnati un'ape e un tappeto già predisposto, in modo che tutti potessero ideare diversi tipi di percorsi.

Su alcuni tappeti di tessuto erano stampati ambienti e percorsi stradali, su altri vi erano riprodotte varie figure geometriche disposte in una quadrettatura di lato 15 cm, pari alla lunghezza del passo dell'ape-robot. I bambini che avevano i tappeti non quadrettati hanno cercato personalmente di trovare un modo per misurare la lunghezza di un passo dell'ape, usando le loro mani o altri riferimenti, così da capire quanti comandi si dovevano dare all'ape per farla arrivare in un determinato punto.



Figura 3
Alla scoperta del passo
dell'ape robot.

Altri bambini hanno individuato intuitivamente l'ampiezza dell'angolo di rotazione a destra e a sinistra (90 gradi) e, dopo diversi tentativi, hanno fatto l'importante scoperta che l'apina può mantenere in memoria più comandi, fino a quaranta, e che per programmare nuovi percorsi esiste un tasto, "clear", che annulla la programmazione precedente. Hanno inoltre verificato che attraverso il tasto "pause" potevano rallentare il percorso delle apine, programmando dei "riposini" sulle caselle da loro scelte.



Figura 4
I tappeti geometrici.

Alternandosi sui vari tappeti, i bambini hanno fatto eseguire all'ape vari percorsi sulla base dei comandi ipotizzati da loro stessi, ricercando percorsi diversi per complessità (ad esempio facendo camminare l'ape sia in avanti sia indietro), scambiandosi idee e opinioni, così da imparare l'uno dall'altro. I robot sono così diventati per gli allievi "oggetti con cui ragionare" (Papert, 1991; Resnick et al., 1998). Gli insegnanti si sono limitati al ruolo di osservatori, lasciando i bambini liberi di provare e di riflettere su eventuali errori.

Seconda fase: inventiamo le storie

Trascinati dall'entusiasmo, gli alunni di ogni classe, insieme all'insegnante di lingua italiana, hanno inventato, come lavoro collettivo, due storie i cui protagonisti erano le api.

"[Amici speciali](#)" è la storia di alcune api che, per ritrovare la strada di casa, che avevano smarrito, vengono aidate da un orso di nome Pop. Per ringraziare l'orso, organizzano una festa da ballo, ma in questa occasione lui prende freddo e si ammala gravemente. Le api allora, per curare l'influenza del loro amico orso, decidono di andare a recuperare del miele in sei ambienti differenti: in città, in campagna, in montagna, al fiume, al parco giochi e al mare. Trovati i sei contenitori col miele, le api si dirigono verso la grotta, dove vive il loro amico; "riempiono" la pancia dell'orso di miele e lui pian piano riprende le forze e guarisce.

La seconda storia "[Super Gelsomina](#)" racconta di un'ape regina che, un giorno, incarica le api operaie di andare a raccogliere polline in sei prati con i fiori di diversi colori: il prato dei fiori bianchi, quello dei fiori rosa, gialli, viola, blu e infine quello dei fiori arancioni. Purtroppo tutte le api che erano partite per la loro missione vengono catturate dal malvagio insetto Cervo Volante. Solo Gelsomina, l'ape meno laboriosa, ma anche la più furba, con uno stratagemma riuscirà a liberare le sue amiche.

Dopo l'invenzione delle storie, si è proposto agli allievi di predisporre gli ambienti per giocare con le apine-robot. Si sono nuovamente formati sei gruppi di lavoro, diversi dai precedenti, ai quali sono stati consegnati dei cartoncini che dovevano fungere da tappeti, sui quali era già disegnata la quadrettatura di lato 15 cm.

I bambini sono stati condotti nel laboratorio creativo, dove erano stati predisposti gli spazi per i lavori di gruppo e diversi materiali: cannucce, cartoncini colorati, spugna da fioraio, vasetti e sassolini (Gelsomina); cartoncini, scatole, glitter, carte di vario genere, pesci costruiti con l'origami, rane (Amici speciali) e piccoli oggetti (conchiglie, macchine ecc.) che potevano essere utili per realizzare gli elementi adatti a caratterizzare ciascun ambiente.

L'assegnazione degli ambienti (città, campagna, montagna, fiume, parco giochi e mare; diversi tipi di fiori) ai gruppi è stata fatta in base alle scelte dei bambini e il tutto è avvenuto in totale accordo.

Ogni gruppo, progettando, ritagliando, incollando, condividendo e discutendo sulle scelte da fare, ha realizzato l'ambiente in cui l'ape doveva muoversi, in base al contesto specifico della storia.

Per rendere ancora più belli gli ambienti realizzati e per arricchire l'animazione delle storie, alcuni oggetti, come ad esempio l'orsacchiotto e la sua culla, sono stati portati da casa dai bambini stessi.



Il bosco



Il mare



Il parco giochi



La città



Costruzione dei fiori di diversi colori



Figura 5
La costruzione dei diversi
ambienti delle storie.

Terza fase: animiamo le storie

Quando tutti i materiali erano pronti, in un ambiente piuttosto ampio, si è predisposto tutto quanto il necessario per animare i momenti in cui le api si adoperano per risolvere il “problema” che si presenta in ogni storia.

Nella storia “Amici speciali”, per esempio, le api che devono andare alla ricerca del miele si dividono i compiti: «Molly si dirige verso il bosco, incontra tanti alberi e saluta i suoi amici uccellini; Pinzer lungo il fiume vede tanti cespugli colorati, volazza con le farfalle e incontra tante rane saltellanti; Friz, attraversa le montagne, saluta gli uccellini, la grande mucca e ronza vicino ai cespugli fioriti; Zip in città, deve fare attenzione alle macchine e alle case che incontra lungo il suo viaggio; Zappy al mare saluta i pescatori sulle barchette e guarda le bellissime conchiglie e i sassi della spiaggia; Flappy al parco giochi incontra i bambini che si divertono sullo scivolo e si dondolano sull’altalena». I bambini, attraverso l’ape-robot rappresentano i vari percorsi vissuti dall’ape della storia.

In modo analogo, nella storia “Super Gelsomina”, la protagonista deve andare a liberare le sue amiche api, catturate dal malvagio Cervo Volante attraversando i sei prati caratterizzati dai fiori di diversi colori. In questo caso l’ape-robot rappresenta sempre Super Gelsomina che deve liberare le sue amiche.

Inizialmente ogni classe ha lavorato con la sua storia. I bambini erano sempre suddivisi in sei gruppi, seduti a terra in cerchio, ogni gruppo ha lavorato sul piano quadrettato dell’ambiente che aveva rappresentato, in modo autonomo, accordandosi sul percorso da compiere e sperimentando la programmazione dell’ape-robot. In seguito ogni gruppo, a rotazione, ha mostrato agli altri la soluzione trovata.

Figura 6
Accordi per la preparazione dell’animazione della storia “Amici speciali”.



Figura 7
Il gruppo classe pronto per animare la storia “Super Gelsomina”.



Tenendo conto del compito che doveva assolvere l’ape-robot (trovare il miele nella prima storia e liberare le api nella seconda), ciascun gruppo ha stabilito il punto di partenza e il punto di arrivo nel proprio tappeto e poi ha programmato il percorso digitando i comandi sull’ape-robot, secondo gli spostamenti necessari. A turno, i vari

membri del gruppo facevano muovere l'ape, a volte variando il punto di partenza o quello di arrivo. Nella storia di Super Gelsomina, ad esempio, i fiori erano mobili, quindi potevano essere modificati il punto di partenza, quello di arrivo e la posizione di eventuali ostacoli, determinando la completa variazione della programmazione.

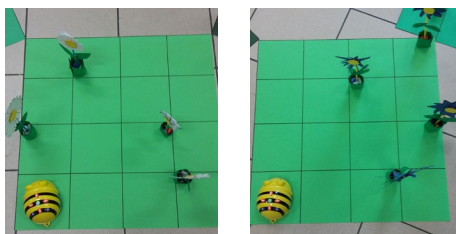


Figura 8
Gli oggetti mobili della
storia di Super Gelsomina.

Quando tutti i bambini del gruppo avevano eseguito e verificato la loro programmazione, i vari gruppi, all'interno della classe, si sono scambiati gli ambienti, per sperimentare i diversi percorsi compiuti dalla protagonista della storia.

Quest'attività ha indotto i bambini di ogni gruppo a operare scelte condivise sul tipo e sulla lunghezza del percorso, sul numero degli spostamenti da compiere, sui movimenti che l'ape doveva fare e sui comandi da effettuare.

Nella fase di programmazione sono molto stimolate le capacità di previsione e di ragionamento e l'impatto emotivo è molto forte. Infatti, ogni volta che il robot, eseguendo i comandi impartiti, raggiungeva l'obiettivo prefissato, c'era un'esplosione di gioia, spesso accompagnata da applausi. Ma anche quando questo non accadeva, gli allievi non si sono mai sentiti frustrati; insieme, aiutandosi reciprocamente, riprendevano i robottini e ricominciavano tutto dall'inizio, senza perdere l'entusiasmo.



Figura 9
Le animazioni delle storie.

In seguito le storie sono state condivise: gli alunni delle due classi si sono ritrovati tutti insieme, due bambini avevano il compito di raccontare la storia inventata dalla propria classe, poi ogni gruppo aveva il compito di presentare il proprio lavoro agli altri compagni: la soluzione adottata dall'apina sul tappeto/ambiente. Dopo che tutti avevano illustrato il proprio lavoro, le classi si sono scambiate i tappeti di gioco per sperimentare i percorsi proposti dai compagni.

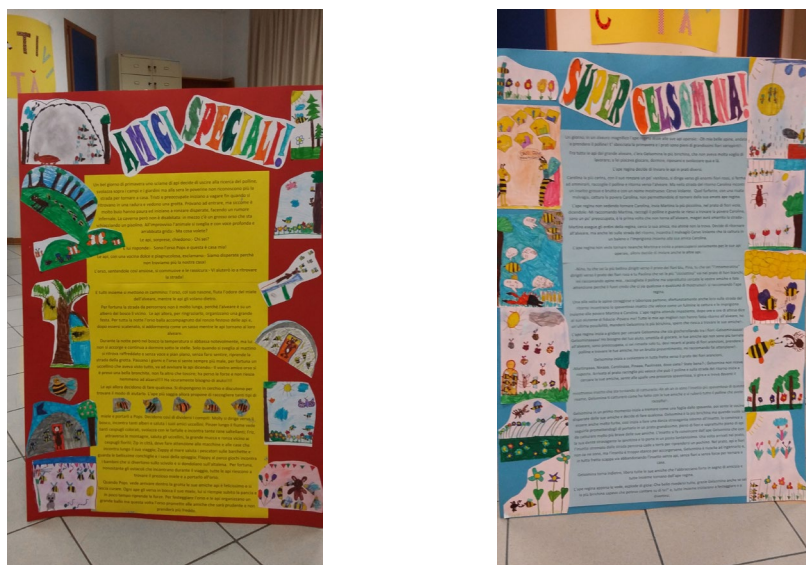


Figura 10
Espositori con il testo
delle storie per la condivi-
sione tra le classi.

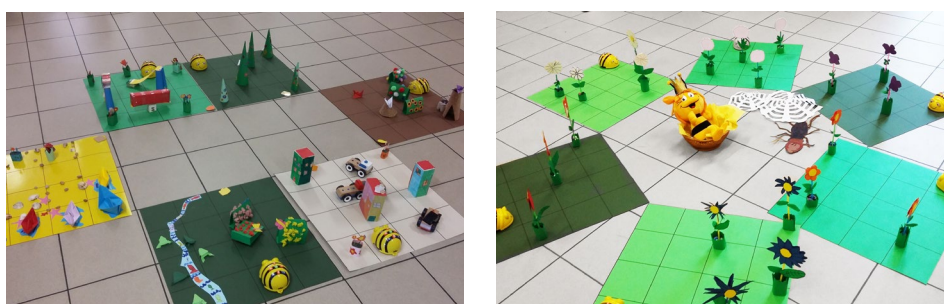


Figura 11
I sei ambienti della storia
"Amici speciali" e i sei
prati fioriti della storia "Su-
per Gelsomina".

Quarta fase: rappresentiamo i percorsi

In questa fase sono stati consegnati a ciascun allievo dei fogli, nei quali era rappresen-
tata la stessa quadrettatura dei tappeti/ambienti, e si è chiesto a ciascun bambino di
rappresentare sulla griglia gli elementi presenti nel tappeto che avevano realizzato e
il percorso compiuto dall'ape-robot, favorendo così il passaggio dallo spazio al piano
(Arrigo, Sbaragli, 2004).



Figura 12
La riproduzione degli
elementi degli ambienti
sulla griglia.

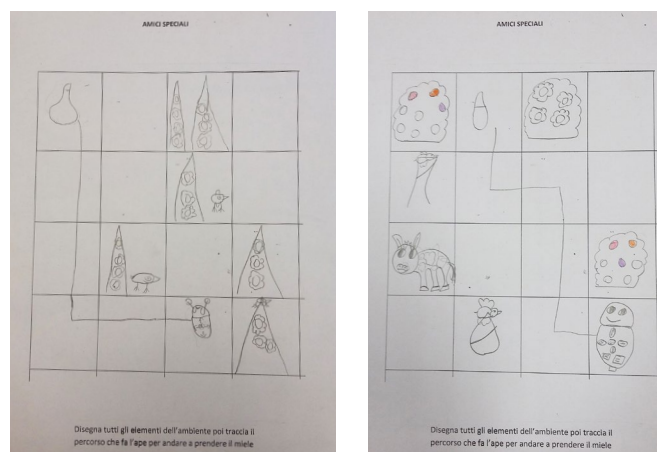


Figura 13
Esempi di rappresentazioni del percorso.

In seguito, è stata messa a disposizione di tutti gli allievi una notevole quantità di cartoncini che rappresentavano i tasti comando di BeeBot: freccia avanti, freccia indietro, freccia a destra, freccia a sinistra e "Go", con i quali dovevano riprodurre la sequenza dei comandi forniti all'apina per compiere il percorso. I cartoncini/comando relativi alla sequenza scelta venivano attaccati sul foglio (Figura 14).

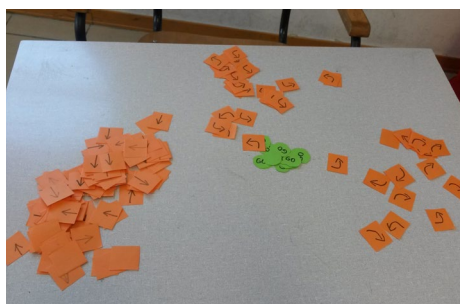


Figura 14
Riproduzione con cartoncini/comandi del percorso dell'ape-robot.



La programmazione descritta è stata poi verificata digitando sul dorso dell'apina-robot la sequenza rappresentata sul foglio (Figura 15).



Figura 15
Giochi di percorsi.

Quinta fase: inventiamo nuovi percorsi

In una fase successiva, si è proposto agli alunni di inventare e scrivere il "codice" di nuovi percorsi,

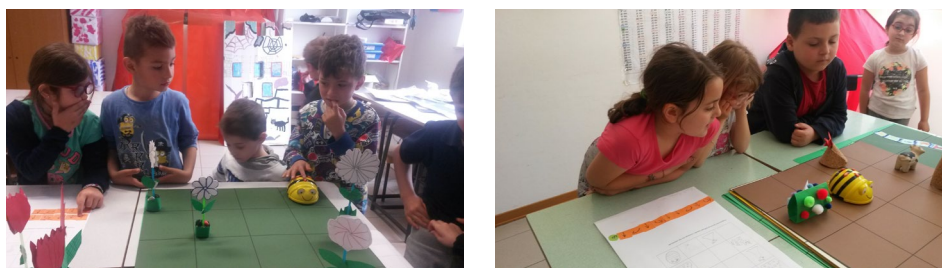


Figura 16
Dal "codice" ai percorsi
e viceversa.

oppure di riprodurre percorsi in base a una sequenza di comandi assegnata dall'insegnante.

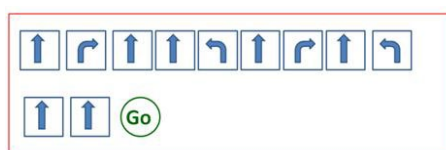


Figura 17
Esempio di sequenza
di comandi fornita dalla
docente.

8 Racconto del percorso nelle classi quarte: inventiamo dei tappeti gioco

Gli alunni delle due classi quarte della scuola elementare di Corinaldo, incuriositi dai robot apine che circolavano nella scuola, hanno vissuto anche loro un interessante percorso. Il BeeBot è indubbiamente un artefatto particolarmente adatto al primo ciclo della scuola dell'obbligo, ma un nuovo oggetto suscita sempre curiosità, a tutti i livelli, anche tra gli insegnanti. Inoltre, queste due classi non avevano mai svolto esperienze di robotica educativa. Anche per loro, quindi, è stato interessante scoprire il funzionamento delle apine-robot.

La fase iniziale, di esplorazione e scoperta, è stata proposta in modo analogo alle classi prime: gli allievi hanno trovato in aula dei pacchetti contenenti le apine e hanno subito cercato di capire il loro funzionamento. Le prime esplorazioni sono state svolte sui tavoli o sul pavimento, quindi su superfici libere, scoprendo ben presto le possibilità di movimento delle apine-robot. In seguito, sono stati forniti anche a loro i tappeti con le figure geometriche.

I ragazzi hanno lavorato in gruppi di tre o quattro allievi: uno del gruppo stabiliva la partenza e il percorso da seguire e un altro eseguiva la programmazione, il terzo (o gli altri due) controllava che il percorso si svolgesse in modo corretto.

Le insegnanti delle classi quarte avevano pensato di utilizzare BeeBot per proporre agli alunni la creazione dei percorsi su contenuti disciplinari, quindi, dopo le prime esplorazioni, prendendo spunto dal piano con le figure geometriche è stato proposto agli allievi di inventare dei piani quadrettati e dei possibili percorsi utilizzando le loro conoscenze matematiche, scientifiche, linguistiche, storiche, geografiche, ecc.

Sono stati creati sempre sei gruppi, perché sei erano le api a disposizione, ed è stato chiesto di ideare e realizzare vari tappeti in base ai loro interessi; gli allievi sono stati lasciati completamente liberi di progettare e di inserire contenuti disciplinari a piacere.

I ragazzi di ogni gruppo hanno inizialmente progettato il loro tappeto-gioco in formato ridotto sui loro quaderni (Figura 18), in seguito hanno discusso sui modi per rappresentare i movimenti dell'ape robot scegliendo spontaneamente i simboli per scrivere la sequenza di comandi.



Figura 18
La fase di progettazione.



In seguito, nell'aula predisposta per svolgere attività di laboratorio, si sono realizzati i tappeti utilizzando dei cartoncini bristol (Figura 19) e sono state programmate le api-robot seguendo la sequenza di comandi ipotizzata, verificandone così la correttezza. Le due classi si sono poi scambiate i tappeti-gioco (Figura 20). Si riportano alcuni esempi di tappeti realizzati da alcuni gruppi (Figura 21 e [link](#)).



Figura 19
La preparazione dei tappeti.



Figura 20
Un momento di gioco.



Figura 21
Alcuni esempi di tappeti realizzati.

9 Conclusioni

I percorsi di robotica educativa hanno contribuito a creare un ambiente di apprendimento innovativo, creativo e divertente e hanno appassionato e coinvolto sia i docenti sia gli allievi. Durante le varie fasi di lavoro, i docenti hanno osservato se e come gli allievi riuscivano a mobilitare le competenze individuate a priori, in particolare: se sapevano organizzarsi, se erano capaci di definire le varie tappe per raggiungere i loro obiettivi, se riuscivano ad analizzare le informazioni a disposizione e a interpretare le situazioni in base alle informazioni possedute, se sapevano operare scelte ragionevoli in base alle risorse a disposizione e ai vincoli dettati dai vari contesti (le storie, la programmazione scritta), se riuscivano a condividere e argomentare le proprie scelte e ad accettare di confrontarle con gli altri del gruppo ed eventualmente rivederle, se erano disposti a collaborare con gli altri. Le osservazioni che i docenti annotavano in ogni fase, sono servite per restituire dei feedback agli allievi e guidarli in modo che potessero regolare le loro azioni nei momenti successivi.

Questi percorsi hanno agito in modo formidabile sulla motivazione degli allievi di entrambe le classi e sulla mobilitazione di varie competenze trasversali: essere nella condizione di poter effettivamente governare una macchina, di compiere scelte che determinano il suo funzionamento e di agire per il raggiungimento di un obiettivo immediatamente verificabile, costituiscono stimoli molto forti alla partecipazione attiva, al lavoro collaborativo, all'impegno e alla perseveranza. Allo stesso tempo, questi percorsi hanno permesso di approfondire aspetti disciplinari in modo ludico e stimolante. Anche gli alunni con bisogni educativi speciali si sono appassionati e hanno trovato in queste esperienze il loro modo di esprimersi e di partecipare in modo attivo con un evidente miglioramento dell'integrazione e della fiducia nelle loro capacità.

Si è inoltre potuto confermare ciò che è sostenuto nel quadro teorico, ossia che le attività di approccio alla programmazione e alla robotica possono consentire ai bambini di pensare in maniera algoritmica alla risoluzione di problemi, ideando e sviluppando procedimenti e soluzioni. Insieme con abilità e strategie di programmazione, i percorsi di robotica educativa hanno consentito di sviluppare le capacità di previsione e di verifica, di analisi, sintesi e in alcuni casi di generalizzazione.

In questi percorsi, l'errore è stato considerato da tutti gli attori coinvolti nella sperimentazione come un atto fondamentale per risolvere la situazione-problema. Nella programmazione, infatti, è molto importante l'attività di riflessione sulla coerenza tra pianificazione ed esecuzione, in base al traguardo da raggiungere, e soprattutto l'attitudine a progettare e a mettere in gioco strade risolutive alternative in caso di incoerenza. I risultati ottenuti in questa sperimentazione non devono però illudere il docente che basti un robot in classe per mobilitare competenze; ciò che rimane fondamentale è la sensibilità didattica dell'insegnante nel gestire la situazione, la criticità nei confronti delle proposte e la relazione umana tra docente e allievo, e questo è indipendente dagli artefatti forniti (D'Amore, Fandiño Pinilla, 2014).

Bibliografia

- Arrigo, G., & Sbaragli, S. (2004). *I solidi. Riscopriamo la geometria*. Roma: Carocci.
- Bartolini Bussi, M. G., & Mariotti, M. A. (2009). Mediazione semiotica nella didattica della matematica: artefatti e segni nella tradizione di Vygotskij. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, 32 A-B, 270-294.
- Beltrametti, M. (2014). La creatività delle tecnologie nella didattica. *Scuola Ticinese*, 3, 25-28.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
- Calmet, C., Hirtzig, M., & Wilgenbus, D. (2016). 1,2,3... Codez! Enseigner l'informatique à l'école et au collège. Paris: Editions Le Pommier.
- Catlin, D., & Woollard, J. (2014). Educational Robots and Computational Thinking. In *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education*, 144-151.
- Consiglio Federale (2010). *Carenza di personale specializzato MINT in Svizzera*. Berna: Consiglio Federale.
- Cottino, L., Gualandi, C., Nobis C., Ponti, A., Ricci M., Sbaragli, S., & Zola, L. (2011). *Geometria*. Bologna: Pitagora.
- D'Amore, B. (1999). *Elementi di didattica della matematica*. Bologna: Pitagora.
- D'Amore, B., & Fandiño Pinilla, M. I. (2014). Illusioni, panacee, miti nell'insegnamento-apprendimento della matematica. *Difficoltà in Matematica*, 11(1), 89-109.
- D'Amore, B., & Fandiño Pinilla, M. I. (2016). A proposito di "metodi di insegnamento" univoci. Errori pedagogici, epistemologici, didattici e semiotici delle metodologie univoche. *La Vita Scolastica web* [web magazine]. Disponibile in <http://www.giuntiscuola.it/lavita-scolastica/magazine/articoli/a-proposito-di-metodi-di-insegnamento-univoci/> (consultato il 22.04.2017).
- Damiani, P. (2015). TCR e scuola: dallo strumento alla didattica. In R. Grimaldi, (a cura di), *A scuola con i robot: innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*, Bologna: Il Mulino, pp. 95-131.
- EU (2006). Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio. Disponibile in <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:it:PDF> (consultato il 8.04.2017).
- Grimaldi, R. (2015). *A scuola con i robot: innovazione didattica, sviluppo delle competenze e inclusione sociale*. Bologna: Il Mulino.
- Holmquist, S. (2014). *A multi-case study of student interactions with educational robots and impact on Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) learning and attitudes*. Graduate Theses and Dissertations, University of South Florida.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *The NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin: The New Media Consortium.
- Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2016). Spatial ability learning through educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2), 185-203.
- Lodi, M. (2013). *Imparare il pensiero computazionale, imparare a programmare*. Tesi di dottorato, Università di Bologna.
- Martini, B., & Sbaragli, S. (2005). *Insegnare e apprendere la matematica*. Napoli: Tecnodid.
- Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots*, 25(4), 367-382.

- MIUR (2007). *Regolamento sull'obbligo d'istruzione - D.M. 139/2007*. Disponibile in https://archivio.pubblica.istruzione.it/normativa/2007/allegati/all2_dm139new.pdf (consultato il 8.04.2017).
- MIUR (2012). Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione. Disponibile in http://www.indicazioninazionali.it/documenti/Indicazioni_nazionali/indicazioni_nazionali_infanzia_primo_ciclo.pdf (consultato il 8.04.2017).
- MIUR (2015). *Pagelle più ricche, al via la Certificazione delle competenze*. Disponibile in <http://www.istruzione.it/comunicati/focus170215.html> (consultato il 8.04.2017).
- Moro, M., Menegatti, E., Sella, F., & Perona, M. (2011). *Imparare con la robotica: applicazioni di problem solving*. Trento: Erickson.
- Nardelli, E. (2017, 2 febbraio). *Informatica e pensiero computazionale, nuovi linguaggi per descrivere il mondo*. Disponibile in <http://www.ilfattoquotidiano.it/2017/01/02/informatica-e-pensiero-computazionale-nuovi-linguaggi-per-descrivere-il-mondo-ii/3288985/>
- Norman, D.A. (1995). *Le cose che ci fanno intelligenti*. Milano: Feltrinelli.
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. (2009). The use of digital manipulatives in K-12: robotics, GPS/GIS and programming. *Proceedings of the Frontiers in education conference*. San Antonio.
- OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. PISA, OECD Publishing.
- Owens, G., Granader, Y., Humphrey, A., & Baron-Cohen, S. (2008). LEGO therapy and the social use of language programme: an evaluation of two social skills interventions for children with high functioning autism and Asperger Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(10), 1944–1957.
- Papert, S. (1984). *Mindstorms. Bambini computers e creatività*. Milano: Emme edizioni.
- Papert, S. (1991). Situating constructionism. In S. Papert e I. Harel (a cura di). *Constructionsim*. Norwood: Ablex publishing Corporation.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York: Basic books.
- Polya, G. (1967). *Come risolvere i problemi di matematica. Logica e euristica nel metodo matematico*. Milano: Feltrinelli. [Ed. orig. 1945, Princeton University Press].
- Radford, L. (2005). Body, Tool, and Symbol: Semiotic Reflections on Cognition. In E. Simmt and B. Davis (eds.)(2005). *Proceedings of the 2004 Annual Meeting of the Canadian Mathematics Education Study Group*.
- Radford, L. (2006). The Anthropology of Meaning. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 39-65.
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., & Silverman, B. (1998). Digital manipulatives: new toys to think with. In C.-M. Karat, A. Lund, J. Coutaz, & J. Karat (eds.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98)*, 281-287.
- Sbaragli, S. (2015). I pericoli del "quadretto". *La vita scolastica*, 8, 16-18.
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373–394.
- Wing, J. (2006). *Computational Thinking*. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Allegati

1. [Competenze tratte dal Piano di studio della scuola dell'obbligo ticinese \(DECS, 2015\)](#)
2. [Storia "Amici speciali"](#)
3. [Storia "Super Gelsomina"](#)
4. [Alcuni esempi di tappeti realizzati dai gruppi di allievi di quarta](#)

Autori: *Marco Beltrametti, °Lorella Campolucci, °Danila Maori,

***Lucio Negrini e *Silvia Sbaragli.**

*Pedagogista, °I.C. Corinaldo (AN, Italia) - RSDDM Bologna

*Dipartimento formazione e apprendimento, SUPSI

mbeltrametti@supsi.ch, lorella.campolucci@tiscali.it, danilamaori@libero.it,
luccio.negrini@supsi.ch, silvia.sbaragli@supsi.ch